

**T.C.
CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ VE PAZARLAMA BİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ALTI SİGMA METODOLOJİSİ VE OTOMOTİV
SEKTÖRÜNDE BİR ÖRNEK OLAY İNCELEMESİ**

Hazırlayan

DİDEM TEZSÜRÜCÜ

Danışman

Prof. Dr. İLKER TUNAİL

MANİSA

2006

**YÜKSEKÖĞRETİM KURULU DOKÜMANTASYON MERKEZİ
TEZ VERİ FORMU**

Tez No:

Konu:

Üniv.Kodu:

Tezin yazarının

Soyadı: TEZSÜRÜCÜ

Adı: DİDEM

Tezin Türkçe adı: Altı Sigma Metodolojisi ve Otomotiv Sektöründe Bir Örnek Olay İncelemesi

Tezin Yabancı adı: Six Sigma Methodology and A Case Study in the Turkish Automotive Industry

Tezin yapıldığı

Üniversite: Celal Bayar Üniversitesi **Enstitü:** Sosyal Bilimler Enstitüsü **Yılı:** 2006
Diğer kuruluşlar:

Tezin Türü: 1- Yüksek Lisans (X)
2- Doktora ()
3- Tıpta uzmanlık ()
4- Sanatta yeterlilik ()

Dili: Türkçe
Sayfa sayısı: 169
Referans sayısı: 77

Tez Danışmanlarının

Ünvanı: Prof. Dr.
Ünvanı:

Adı: İLKER
Adı:

Soyadı: TUNAİL
Soyadı:

Türkçe anahtar kelimeler:

- 1- Altı Sigma Metodolojisi
- 2- 1,5 sigma Değişikliği
- 3- Kalitesizlik Maliyetleri
- 4- TÖAİK Süreci
- 5- Süreç İyileştirme

İngilizce anahtar kelimeler:

- 1- Six Sigma Methodology
- 2- 1,5 sigma Shift
- 3- Cost of Poor Quality
- 4- DMAIC Process
- 5- Process Improvement

Tarih:
İmza :

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Altı Sigma Metodolojisi ve Otomotiv Sektöründe Bir Örnek Olay İncelemesi” adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilen eserlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanmış olduğumu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih .../.../2006
DİDEM TEZSÜRÜCÜ

TEZ SAVUNMA SINAV TUTANAĞI

Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü / / tarih ve sayılı toplantısında oluşturulan jürimiz tarafından Lisans Üstü öğretim Yönetmeliği'nin 8. Maddesi gereğince Enstitümüz İşletme Anabilim Dalı Üretim Yönetimi-Pazarlama Programı öğrencisi DİDEM TEZSÜRÜCÜ'nün "Altı Sigma Metodolojisi ve Otomotiv Sektöründe Bir Örnek Olay İncelemesi" konulu tezi incelenmiş ve aday / / tarihinde saatda/de jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini savunmasından sonra..... dakikalık süre içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan anabilim dallarından jüri üyelerine sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin,

BAŞARILI olduğuna OY BİRLİĞİ

DÜZELTME yapılmasına * OY ÇOKLUĞU

RED edilmesine ** ile karar verilmiştir.

* Bu halde adaya 3 ay süre verilir.

** Bu halde adayın kaydı silinir.

BAŞKAN

ÜYE

ÜYE

Evet Hayır

*** Tez, burs, ödül veya Teşvik prog. (Tüba, Fullbright vb.) aday olabilir.

Tez, mutlaka basılmalıdır.

Tez, mevcut haliyle basılmalıdır.

Tez, gözden geçirildikten sonra basılmalıdır.

Tez, basımı gereksizdir.

ÖNSÖZ

Altı Sigma metodolojisi ve metodolojinin otomotiv sektöründe uygulanabilirliğini incelemek için hazırladığım tezimin her aşamasında bana yol gösteren ve desteğini esirgmeden her zaman yanımda olan değerli hocam Prof. Dr. İlker TUNAİL'e, görüş ve tecrübelerinden yararlandığım hocam Prof. Dr. Cengiz YILMAZ'a, tez çalışmam süresince bana her konuda yardımcı olan hocam Yrd. Doç. Dr. Osman GÖK'e, görüşlerinden yararlandığım hocam Yrd. Doç. Dr. Tuncer ÖZDİL'e, desteklerini benden esirgemeyen hocalarım ve oda arkadaşlarım Dr. Çiğdem SOFYALIOĞLU ve Arş. Gör. Burak KARTAL'a, büyük bir hoşgörü ve sabır göstererek bana destek olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz, 2006

Didem TEZSÜRÜCÜ

ÖZET

Kalite kavramı, rekabet gücünü arttırmak isteyen işletmeler için oldukça önemli bir unsur haline gelmiştir. Firmalar rekabet avantajı sağlayabilmek için kaliteli ürün üretirken aynı zamanda bu ürünlerin müşteri istek ve gereksinimlerinin de karşılmasına dikkat etmek durumundadırlar.

Altı Sigma, müşteri istek ve gereksinimleri ile uyumlu ürün veya hizmet üretebilmek için geliştirilmiş, üretim süreçlerindeki değişkenliğin azaltılması yoluyla süreç kalitesinin iyileştirilmesini hedefleyen önemli metodolojilerden birisidir.

Bu çalışmanın temel amacı, Altı Sigma metodolojisinin önemini vurgulamak ve Altı Sigma'yı uygulamayı düşünen firmalara yol göstermek için metodolojinin yararlarını göstermektir. Bu amaçla birinci bölümde, Altı Sigma'nın tanımı, kavramları ve genel özellikleri üzerinde durulmuştur. İkinci bölümde ise Altı Sigma metodolojisinin uygulanmasında kullanılan süreçten ve yararlanılan istatistiksel yöntemlerden bahsedilmiştir. Uygulama kısmında da otomotiv sektöründe yan sanayi olarak faaliyet gösteren bir firmada Altı Sigma metodolojisinin uygulaması incelenmiştir. Çok sayıda hatanın meydana geldiği ve firma için önemli olan bir süreçte Altı Sigma uygulanması sonucu, süreçte meydana gelen hataların büyük ölçüde azaldığı ve bu iyileştirmenin firmaya somut kazançlar sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

ABSTRACT

The concept of quality has become an important element for the enterprises wishing to increase their competitiveness. In order to gain competitive advantages, companies should not only manufacture quality products but also pay attention that these products satisfy the needs, wants and requirements of the customer.

Six Sigma, by reducing the variability in the manufacturing processes, is one of the major methodologies developed to help manufacture products which are compliant with customers' needs, wants and requirements.

The main goal of this study is to emphasize the importance of the Six Sigma methodology and to state the benefits of the methodology so as to guide the companies considering applying Six Sigma. In this regard, we focus in the first chapter on the definition, concepts and general features of Six Sigma. In the second chapter, we mention about the process used in applying the Six Sigma methodology and the statistical methods benefited. In the third chapter which is also the application section of the study, we examine how the methodology is applied in a company which operates in an automotive side industry. This examination revealed that the application of Six Sigma have reduced errors in a process which is important for the company and in which many errors used to occur. Reducing the errors in the process brought significant gains to the company and that improvement along with the theoretical reasoning in the thesis confirms the overall importance of Six Sigma methodology.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
TEZ VERİ FORMU.....	ii
YEMİN METNİ	iii
TEZ SAVUNMA SINAV TUTANAĞI	iv
ÖNSÖZ.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
TABLolar LİSTESİ.....	xiv
KISALTMALAR	xv
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ALTI SİGMA METODOLOJİSİ

1.1. Altı Sigma Metodolojisinin Tanımı	4
1.2. Altı Sigma Metodolojisinin Yararları	7
1.3. Altı Sigma'nın Tarihsel Gelişimi	10
1.4. Altı Sigma'nın İlkeleri	12
1.5. Altı Sigma Metodolojisi ve TKY İlişkisi	15
1.6. Kalitesizlik Maliyeti ve Kalitesizlik Maliyetinin Türleri.....	19
1.7. Sigma ve Standart Sapma	25

İKİNCİ BÖLÜM

ALTI SİGMA METODOLOJİSİNİN UYGULAMA SÜRECİ

2.1. Altı Sigma Süreci	37
2.2. Toplam Süreç Verimliliği Ölçüleri	39
2.3. Altı Sigma Yol Haritası.....	40

2.4. Altı Sigma Uygulama Stratejileri.....	43
2.5. Altı Sigma Projelerinin Seçimi	43
2.5.1. Proje Seçiminde Dikkat Edilecek Unsurlar.....	45
2.5.2. Proje Seçiminde Kullanılan Ölçütler.....	47
2.5.3. Altı Sigma Projelerinin Yararları	48
2.6. Altı Sigma Organizasyonu	50
2.6.1. Üst Kalite Konseyi	52
2.6.2. Yönetim Temsilcisi	53
2.6.3. Kalite Şampiyonu	54
2.6.4. Uzman Kara Kuşak	54
2.6.5. Kara Kuşak	55
2.6.6. Yeşil Kuşak	56
2.7. Altı Sigma Organizasyonunda Eğitim	58
2.8. Altı Sigma Metodolojisi.....	58
2.9. Altı Sigma Metodolojisinin Aşamaları	65
2.9.1. Tanımlama Aşaması	66
2.9.1.1. Proje Beyanı	68
2.9.1.2. Paydaş Analizi	69
2.9.1.3. Detaylı Süreç Haritaları (TGSCM)	70
2.9.1.4. Ürün Başına Hata Oranları	71
2.9.1.5. Müşterinin Sesi.....	73
2.9.1.6. Yakınlık Diyagramı	75
2.9.1.7. Kano Modeli.....	76
2.9.1.8. Kritik Kalite Karakteristikleri.....	78
2.9.2. Ölçme Aşaması	79
2.9.2.1. Veri Toplama Planı.....	81
2.9.2.2. Kontrol Grafikleri	82
2.9.2.3. Frekans Poligonları.....	84
2.9.2.4. Ölçüm Sistemi Analizi	85
2.9.2.5. Pareto Şeması	86
2.9.2.6. Öncelik Matrisleri.....	88
2.9.2.7. Hata Türü ve Etkileri Analizi	89

2.9.2.8. İstatistiksel Süreç Kontrol	91
2.9.2.8.1. Altı Sigma Metodolojisi ve Süreç Yönetimi.....	92
2.9.2.8.2. Süreç Yeterlilik Analizi ve Süreç Yeterlilik Endeksleri.....	93
2.9.3. Analiz Aşaması	97
2.9.3.1. Beyin Fırtınası	98
2.9.3.2. Sebep - Sonuç Diyagramları.....	99
2.9.3.3. Süreç Akış Şeması	100
2.9.3.4. Serpilme Diyagramları	102
2.9.3.5. Deney Tasarımı	102
2.9.4. İyileştirme Aşaması.....	104
2.9.4.1. Ağaç Diyagramı	105
2.9.4.2. Gantt Şeması	106
2.9.5. Kontrol Aşaması.....	107

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE ALTI SİGMA METODOLOJİSİ İLE İLGİLİ BİR ÖRNEK OLAY İNCELEMESİ

3.1. Firmanın Genel Tanıtımı.....	109
3.2. Firmanın Altı Sigma Hazırlığı	110
3.3. Firmada Altı Sigma Projesinin Uygulanması	111
3.3.1. Genel Üretim Süreci.....	111
3.3.2. Boyama Süreci	114
3.3.3. Ön Yüzey Hazırlama Süreci	116
3.4. Altı Sigma Proje Seçimi.....	117
3.5. Altı Sigma TÖAİK Süreci.....	117
3.5.1. Tanımlama Aşaması	117
3.5.1.1. Proje Beyanı	117
3.5.1.2. Pareto Şeması	119
3.5.1.3. Müşterilerce Önemli Olan Uyumsuzlukların Belirlenmesi	120
3.5.1.4. Ağaç Diyagramı.....	121

3.5.1.5. TGSCM Analizi.....	122
3.5.1.6. Sebep Sonuç Matrisi	124
3.5.2. Ölçme Aşaması	126
3.5.2.1. Ölçüm Analizi (Gage R&R).....	130
3.5.2.2. Süreç Sigması	132
3.5.3. Analiz Aşaması	133
3.5.4. İyileştirme Aşaması.....	136
3.5.5. Kontrol Aşaması.....	142
3.6. Altı Sigma Proje Uygulaması İle İlgili Simülasyon Analizi.....	146
3.7. Altı Sigma Projesinin Sonuçları ve Projenin Uygulanmasında Karşılaşılan Zorluklar	147
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	150
KAYNAKÇA	154
EK	162

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1-1	:Kalite ve Maliyet İlişkisi	21
Şekil 1-2	:3 σ ve 6 σ Düzeylerinde Gerçekleşen Karlar	21
Şekil 1-3	:6 σ 'ya Doğru Beklenen Gelişme	22
Şekil 1-4	:Normal Dağılım Eğrisi ve Üç Sigma Düzeyinde Karşılaşılan Hata Sayısı	27
Şekil 1-5	: Süreç Sigma Düzeyine Göre Hata Oranları	28
Şekil 1-6	: 1,5 sigma Dönüştürülmüş Normal Dağılım Eğrisi	30
Şekil 1-7	: 2,5 sigma Değiştirilmiş Normal Dağılım Eğrisi	31
Şekil 2-1	:Süreç Yönetimi	38
Şekil 2-2	:Altı Sigma Organizasyonel Yapısı	51
Şekil 2-3	:TÖAİK Döngüsü	59
Şekil 2-4	:TÖAİK Yaklaşımının Adımları	60
Şekil 2-5	:TÖAİK Süreci ve Her Bir Adımdan Beklenen Sonuçlar.....	66
Şekil 2-6	:Müşterinin Sesi	74
Şekil 2-7	:Kano Modeli	77
Şekil 2-8	:Kontrol Grafiği	82
Şekil 2-9	:Sebeup Sonuç Diyagramı.....	99
Şekil 2-10	:Akış Şeması	101
Şekil 3-1	:Fırmanın Genel Üretim Süreci.....	113
Şekil 3-2	:Boyahane Süreci	115
Şekil 3-3	:Ön Yüzey Hazırlama Süreci	116
Şekil 3-4	:Hata Açıklamasının Pareto Şeması.....	120
Şekil 3-5	:Ağaç Diyagramı	122
Şekil 3-6	:TGSCM Analizi	123
Şekil 3-7	:Hataların Görüldüğü Süreçlerin Belirlendiği Pareto Şeması.....	126
Şekil 3-8	:Hata Kodunun Pareto Şeması	134
Şekil 3-9	:Renklere Göre Gerçekleşen Hataların Pareto Şeması.....	135
Şekil 3-10	:Akmanın Renklere Göre Dağılım Grafiği	136
Şekil 3-11	:Boya Akmasına Neden Olan Faktörlerin Dağılım Grafiği	138
Şekil 3-12	:Ekipman ile İlgili İyileştirmelerin Kontrol Grafiği.....	139

Şekil 3-13	:Boyada Yapılan İyileştirmelerin Kontrol Grafiği.....	140
Şekil 3-14	:Aylara Göre Hata Oranlarının Karşılaştırılması	141
Şekil 3-15	:Proje Öncesi ve Sonrası Tashih Oranlarının Grafiği	142

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1-1	:Toplam Kalite Yönetimi ve Altı Sigma metodolojisinin karşılaştırılması	18
Tablo 1-2	:Kalitesizlik Maliyeti ile Sigma Düzeyi İlişkisi.....	20
Tablo 1-3	:Spesifikasyon Limitlerinde Bulunma Yüzdeleri ve Milyonda Hata Değerleri	29
Tablo 1-4	:Dağılımdaki Değişiklikler Ve Farklı Kalite Düzeyleri İçin Milyonda Hata Oranları	32
Tablo 1-5	:Sürecin Merkezden Uzaklığı ve Kalite Düzeyleri İçin Gerçekleşen Hata Sayıları	33
Tablo 1-6	:1,5 Standart Sapma Değiştirilmiş Dağılım	34
Tablo 1-7	:Sigma Düzeyleri ve Milyon Olasılıktaki Hata Sayısı.....	35
Tablo 1-8	:Ortalamadaki 1,5 σ Değişiklikten Önce ve Sonraki Durumda Sigma Kalite Düzeyleri ve Milyonda Hata Sayıları.....	35
Tablo 2-1	:Toplam Süreç Verimliliği	40
Tablo 2-2	:Altı Sigma Kuşak Takımının Eğitim, Profil ve Rollerinin Karşılaştırılması	57
Tablo 2-3	:TÖAİK Süreci Kullanılan Altı Sigma'nın Anahtar Aşamaları.....	61
Tablo 2-4	:Altı Sigma Stratejileri, Araçları Ve Teknikleri.....	65
Tablo 3-1	:Proje Beyanı.....	118
Tablo 3-2	:Müşterinin Sesi	121
Tablo 3-3	:SebeP Sonuç Matrisi	125
Tablo 3-4	:Ölçüm Planı	127
Tablo 3-5	:Ölçüm Planı 2	129
Tablo 3-6	:Ölçüm Sistemi Analizi (Gage R&R).....	131
Tablo 3-7	:Hesaplanan Sigma Düzeyleri.....	132
Tablo 3-8	:Akma İçin Deney Tasarımı.....	137
Tablo 3-9	:Kontrol Planı.....	143
Tablo 3-10	:Operasyon Resmi.....	144
Tablo 3-11	:Boyama Talimatı.....	145

KISALTMALAR DİZİNİ

TKY	: Toplam Kalite Yönetimi
GE	: General Electric
TÖAİK	: Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme, Kontrol
PUKY	: Planla, Uygula, Kontrol Et, Yap (PDCA : Plan, Do, Check, Act)
COPQ	: Cost of Poor Quality (Kalitesizlik Maliyeti)
ÜSL	: Üst Spesifikasyon Limiti
ASL	: Alt Spesifikasyon Limiti
TGŞÇM	: Tedarikçi, Girdi, Süreç, Çıktı ve Müşteri (SIPOC : Suppliers, Inputs, Processes, Outputs, Customers)
PPM	: Part Per Million (Milyonda Hata)
MOHS	:Milyon Olasılıkta Hata Sayısı (DPMO :Defect Per Million Opportunity)
VOC	:Voice of Customer (Müşterinin Sesi)
CTQ	:Critical to Quality (Kritik Kalite Karakteristikleri)
GAGE R&R	:Gage Repeatabilty&Reproducibility (Tekrar Edebilme ve Yeniden Üretilbilme Ölçümü)
HTEA	: Hata Türü ve Etkileri Analizi
RÖP	: Risk Öncelik Puanı
İSK	: İstatistiksel Süreç Kontrolü
DOE	: Design of Experiment (Deney Tasarımı)

GİRİŞ

Küreselleşen dünyada sınırların ortadan kalkmasıyla birlikte, pazarda oluşan çok sayıda yerli ve yabancı rakip arasında işletmelerin başarılı olabilmesi müşterilerin istek ve gereksinimlerinin doğru bir şekilde anlaşılması ve bunların hızlı bir şekilde karşılanmasıyla mümkün olmaktadır. İşletmeler rekabet avantajı sağlayabilmek için müşterilerine kaliteli ürün sunmak zorundadırlar. Ürünün kaliteli olarak üretilmesi yeterli olmamakta aynı zamanda mümkün olan en düşük maliyetle üretilmesi gerekmektedir. Firmaların maliyetlerini azaltabilmeleri, mümkün olan en düşük hata oranıyla üretim yapmaları sonucunda sağlanmaktadır. Bu amaca yönelik olarak uygulanan Altı Sigma metodolojisi, süreçte gerekli iyileştirmeleri yaparak milyonda 3,4 hata ile mükemmeli hedefleyen, bunu yaparken müşteri istek ve ihtiyaçlarının belirlenmesine önem veren bir metodolojidir.

Firmaların hatasız üretim isteğinin sonucu olarak Altı Sigma kavramı ortaya çıkmış ve yayılmıştır. Altı sigma metodolojisi, 1980'li yıllarda ilk olarak Motorola firmasında ortaya çıkmıştır. Amerika'da uygulandığı firmalara sağladığı önemli kazançlardan dolayı oldukça popüler hale gelmiştir. Yabancı ortaklıkların ve yatırımların sayısının artmasıyla birlikte, Altı Sigma metodolojisi ülkemizde de büyük firmalarda uygulanmaya başlamıştır. Altı Sigma metodolojisi ilk ortaya çıktığı zamanlarda ağırlıklı olarak üretim sektöründe kullanılmış ancak metodolojinin sağladığı somut yararların gözlemlenmesi sonucu hizmet sektöründe de kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır.

Altı sigma metodolojisi milyonda 3,4 hata oranını hedefleyen bir süreç iyileştirme metodudur. Süreçte gözlenen değişkenliğin azaltılması veya giderilmesi yoluyla iyileştirmeler gerçekleştirilir. Bu iyileştirmenin sağlanabilmesi için gerçek süreç verileri ve istatistiksel analizden yararlanılır. İyileştirme ile sağlanan Altı Sigma metodolojisinin başlıca yararları; maliyet azaltma, verimliliği artırma, müşteri sadakatini sağlama, hata oranlarını azaltmadır.

Altı Sigma'nın istatistik ve yönetim olmak üzere iki boyutu vardır. İstatistiksel açıdan Altı Sigma ürünlerin veya süreçlerin performansı hakkında sayısal bir göstergedir. Yönetim açısından ise; tüketici ihtiyaç ve beklentilerini karşılamak amacıyla tüm faaliyetlerin etkinliğini arttırmada, işletme karlılığını arttırmada kullanılan bir işletme stratejisidir. Altı Sigma'yı uygulamaya karar veren işletmeler yapısal olarak birtakım değişiklikler yaparak Altı Sigma organizasyonunu oluşturmaya çalışmaktadır. Çalışanlara çeşitli eğitimler ve sorumluluklar verilerek ortak bir kültürün yaratılması amaçlanır.

Altı Sigma proje odaklı bir yaklaşımdır. Süreçte iyileştirme gereken basamaklar ayrı ayrı projeler olarak ele alınıp iyileştirme yapılır. İyileştirme projelerinde TÖAİK (Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme, Kontrol) döngüsü kullanılmaktadır. TÖAİK döngüsü ile tanımlama aşamasında projenin kapsamı belirlenir, ölçme aşamasında süreçle ilgili ölçümler yapılır, analiz aşamasında toplanan veriler analiz edilir, iyileştirme aşamasında süreçte gerekli iyileştirmeleri yapmak için stratejiler uygulanır ve kontrol aşamasında ulaşılan sonuçlar organizasyonel olarak paylaşılır ve yorumlanır. Kontrol aşamasından sonra, projenin uygulanmasıyla sağlanan somut iyileştirmeler gözlemlendikten sonra projenin başarıyla gerçekleştirildiği sonucuna ulaşılmış olur.

Altı Sigma metodolojisinin ilk uygulamaları Amerika'da yapılmıştır. Bu konuyla ilgili yazılan çok sayıda yabancı kaynak ve makale bulunmaktadır. Metodoloji ülkemizde son birkaç yıldır tanınmaya başlandığından konuyla ilgili Türkçe kaynak sayısı yok denecek kadar azdır. Bu doğrultuda tezin yazılma amacı, metodolojinin tanıtılmasını sağlamak ve bu konuda uygulama yapacak olanlara yol gösterici bir kaynak sunmaktır.

Bu çalışmanın birinci bölümünde Altı Sigma metodolojisi, bu metodolojinin ilkeleri, tarihçesi ve yararları ayrıntılı bir şekilde açıklanmaktadır. Ayrıca kalite iyileştirme amacını taşıyan Altı Sigma'nın Toplam Kalite Yönetimi felsefesi ile ilişkisi incelenmektedir. Bununla birlikte kalitesizlik maliyetleri ve Altı Sigma metodolojisinin kalitesizlik maliyetleri ile ilişkisi incelenmektedir.

İkinci bölümde, Altı Sigma metodolojisinin uygulama sürecine değinilmektedir. Altı Sigma projelerinin uygulanmasında kullanılan TÖAİK (Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme, Kontrol) süreci ve bu sürecin aşamaları incelenmektedir. Bununla birlikte, TÖAİK sürecinde kullanılan istatistiksel teknikler ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

Ayrıca Altı Sigma projelerinde görev alanların Altı Sigma organizasyonunda aldıkları eğitimler, ünvan ve sorumluluklar açıklanmaktadır.

Çalışmanın son bölümünde ise, Altı Sigma metodolojisinin otomotiv sektöründe uygulanabilirliği araştırılmaktadır. Bu amaçla, otomotiv sektöründe yan sanayi olarak faaliyet gösteren bir firmada, hatalı üretimin azaltılmasına yönelik bir Altı Sigma projesi ele alınmakta, proje aşamaları ve bu aşamalarda kullanılan teknikler incelenmekte ve proje sonunda elde edilen net kazançlar açıklanmaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ALTI SİGMA METODOLOJİSİ

1.1. Altı Sigma Metodolojisinin Tanımı

Altı Sigma; ürün veya sürecin performansının istatistiksel ölçümü, performans iyileştirmek için mükemmelliğe ulaşma amacı, dünya sınıfı performans ve kalıcı işletme liderliğini başarmayı sağlayan bir yönetim sistemi olarak üç farklı şekilde tanımlanabilmektedir (Pande ve Holpp, 2001, s.6).

Altı Sigma, işte başarıyı yakalamak, sürdürmek ve en üst düzeye ulaştırmak için uygulanan kapsamlı ve esnek bir sistemdir. Altı Sigma'yı işleten benzersiz mekanizma, müşteri ihtiyaçlarını derinlemesine anlama; gerçekleri, verileri ve istatistiksel analizleri bir disiplin çerçevesinde kullanma; iş süreçlerini yönetme, iyileştirme ve yeniden keşfetmekten ibarettir (Pande vd., 2004, s.13).

Altı Sigma, firmaların karşılaştıkları problemleri tanımlamada ve çözüme verileri ve istatistiksel analizleri kullanan bir süreç iyileştirme metodudur. Daha iyi sonuçlara ulaşmak için verileri ve gerçekleri kullanan Altı Sigma metodolojisinde tüketiciler birinci sıradadır (Pande ve Holpp, 2001, s.2).

Altı Sigma, kontrolleri tamamlamada ve kalite problemlerinin temel nedenlerini bulmada verilerin istatistik analizi yoluyla kalite geliştirmeyi sağlayan bir metodoloji ve felsefedir (Markarian, 2004, s.46). Altı Sigma yaklaşımı bir organizasyonel iyileştirme felsefesi olarak görülebilmektedir. Gerçeğe dayalı karar vermeyi sağlamak için ispat edilmiş istatistik metotları kullanan süreç iyileştirme metodolojisi ve felsefesidir. Değişkenliğin temel nedenlerini, yani değişkenlik kaynaklarını algılayarak ve azaltarak değişkenliğin giderilmesine odaklanılmaktadır.

Altı Sigma çabaları;

- Müşteri memnuniyetini iyileştirme
- Çevrim zamanını azaltma
- Hataları azaltma gibi üç temel alanı hedeflemektedir.

Altı Sigma metodolojisinin önem kazanmasını sağlayan üç temel karakteristik aşağıdaki gibidir (Pande ve Holpp, 2001, s. 3-4):

- Altı Sigma müşteri memnuniyetinin artırılmasını sağlar.
- Altı Sigma projeleri yatırımlarda önemli geri dönüşüm üretirler.
- Altı Sigma faaliyetlerin nasıl yönetileceğini değiştirir.

Altı Sigma metodu organizasyondaki hataları sürekli azaltarak, organizasyonun ürün, hizmet ve süreç iyileştirmesinde proje odaklı bir yönetim yaklaşımıdır. Tüketici ihtiyaçlarını anlama, işletme sistemleri, verimlilik ve finansal performansı iyileştirme odaklı bir işletme stratejisidir (Kwak ve Anbari, 2004, s.1).

Altı Sigma'nın temeli, hatalara dayalı olarak süreci ölçmeye dayanmaktadır. Altı Sigma'nın istatistiksel konsepti, milyon olasılıkta 3,4 hata vererek sürecin mükemmel olarak çalışması anlamını taşımaktadır (Brue ve Launsby,2003, s.2). Altı Sigma, organizasyondaki süreç veya ürünler için sıfır hatanın gerçekleşeceği konumlandırma için ürün veya hizmet kalitesinin ölçümünü sağlayan kuramsal istatistiksel ölçümdür. Altı Sigma sadece varyans ölçmede kullanılan istatistiksel bir yaklaşım değildir, aynı zamanda operasyonel mükemmelliği başarmayı sağlayan bir kültür ve süreçtir (Basu ve Wright, 2003, s.36-37).

Altı Sigma süreci istatistiksel bakış açısı ve işletme bakış açısı olmak üzere iki farklı şekilde incelenmektedir:

İstatistiksel açıdan; Hahn ve diğerleri (1999)'a göre; Altı Sigma metodu iki önemli bakış açısına sahiptir. Altı Sigma'nın kökeni istatistik ve istatistikçilerden gelmektedir. Antony ve Banuelas (2001)'e göre; istatistiksel bakış açısından, Altı Sigma

terimi süreç ortalamasının değişkenliğini açıklamada kullanılan bir terim olarak %99.9997 başarı oranı veya milyon olasılıkta 3,4 hatadan daha az hata yapma olarak tanımlanmaktadır.

İşletme açısından; Antony ve Banuelas (2001)'e göre; iş dünyasında Altı Sigma tüketici ihtiyaç ve beklentilerini karşılamada tüm faaliyetlerin etkililik ve etkinliğini arttırmada, işletme karlılığını iyileştirmede kullanılan bir işletme stratejisi olarak tanımlanmaktadır. Altı sigma yaklaşımı ilk olarak üretim faaliyetlerinde kullanılmış olup hızla pazarlama, mühendislik, satın alma, hizmet gibi farklı alanlara genişlemektedir (Kwak ve Anbari, 2004, s.1-2).

Altı Sigma çeşitli yazarlarca bir yönetim stratejisi (Motorola ve diğer çok sayıda şirketi olağanüstü başarılarla taşıyan yönetim stratejisi) , bir hedef (milyonda 3,4 den daha az hata oranı ile müşteri ihtiyaçlarını kusursuza yakın karşılama hedefi) , istatistik yöntem (ürün ve süreçlerdeki değişkenliği azaltmak için kullanılan ileri istatistik yöntem) ve kültürel değişim süreci (işletmenin müşteri tatmini ve karlılığını arttırarak rekabetçi konumunu güçlendirmesi için gerekli kültürel değişim süreci) olarak tanımlanmaktadır (Baş,2003, s.16).

Altı Sigma üretim hattı, müşteri hizmeti ve kalite iyileştirmede kullanılan bir yaklaşımdır. 1985-1986 yılları arasında Motorola firmasında ortaya çıkmış ve olgunlaşmıştır. Altı Sigma, mükemmelliği sağlamak amacıyla sürekli iyileştirme için organizasyonda her düzeyde çalışanların ortak kültürü benimsemelerini gerektirmektedir. Altı Sigma'nın farkı performans düzeyi ayarlarının bir milyon olasılıkta 3,4 hataya eşit olmasıdır. Altı sigma, ortak kalite ölçüm teknikleri ve organizasyon boyunca ortak bir dil oluşturulmasını gerektirmektedir (Basu ve Wright, 2003, s.3).

Altı Sigma sayısal tekniklerle yönetim yaklaşımlarının kesişim kümesinde yer alan bir yaklaşımdır. İstatistiksel bir ölçüm tekniği olan Altı Sigma ürünlerin, hizmetlerin ve süreçlerin ne kadar iyi olduğu hakkında sayısal bir göstergedir. Mevcut sürecin sıfır hatalı konumdan ne kadar saptığını gösterir (Erdiller ve Orbak, 2005 s.557).

— **İlk olarak**, istatistiksel bir ölçümdür. Ürünlerin, hizmetlerin ve süreçlerin ne kadar iyi olduğu hakkında bilgi veren bir ölçüm tekniğidir. Altı Sigma metodu ürünlere, hizmetlere ve süreçlere benzeyen veya benzemeyen diğer ürünler, hizmetler ve süreçlerin karşılaştırılmasını sağlar. Bu durum işletmenin diğerlerinden ne kadar ileride veya geride olduğunu göstermektedir. Örneğin bir sürecin 6 sigma kalite düzeyinde olması, onun sınıfının en iyisi olduğu anlamını taşımaktadır. Bu düzeydeki bir süreç bir milyon üründe veya hizmette sadece 3 adet hatalı ürün veya hizmet üretme kabiliyetindedir. Diğer taraftan bir diğer sürecin 4 sigma kalite düzeyinde olması, onun ortalama kalite düzeyinde olduğunu gösterir. Bu da bir milyon ürün veya hizmette 6210 hatalı ürün veya hizmetin üretilmesi anlamını taşımaktadır. Bu doğrultuda sigma, ürünlerin, hizmetlerin ve süreçlerin yeterliliklerini ölçen ve karşılaştırma imkanını sağlayan bir ölçüm skalasıdır.

— **İkinci olarak**, Altı Sigma bir işletme ve yönetim stratejisidir. İşletmelerin rekabet üstünlüğü kazanmalarında Altı Sigma içerdiği stratejilerin ve çağdaş yönetim anlayışının katkısı büyüktür. Bunun nedeni oldukça basittir. Süreçlerin sigma düzeyleri yükseldikçe, ürün kalitesi yükselir ve maliyetler azalır. Doğal olarak sonuçta müşteri daha çok tatmin olmaya başlar.

— **Üçüncü olarak**, Altı Sigma bir felsefedir. Daha çok değil daha akıllı çalışma felsefesidir. Bu yapılan her işte gittikçe daha az hata yapma şeklinde açıklanabilmektedir. Süreçlerde sapma yaratan kaynaklar tespit edilip zararsız hale getirildikçe, sigma düzeyi sürekli artacaktır. Bu da süreç yeterliliğinin artacağı ve hataların azalacağı anlamına gelmektedir.

1.2. Altı Sigma Metodolojisinin Yararları

Altı sigma metodolojisinin yararları (Pande vd., 2004, s.13-14);

- Maliyet düşürme
- Verimin artırılması
- Pazar payının büyümesi
- Müşteri sürekliliği

- Çevrim zamanının kısalması
- Hata oranının azalması
- Kültür değişimi
- Ürün / hizmet geliştirmedir.

Altı Sigma firmalara maliyet azalması, kalite düzeyinin iyileşmesi, gelir artışı, süreç hızında iyileşmeler ve müşteri ilişkilerinin iyileştirilmesi gibi çeşitli yararlar sağlamaktadır. Bunun yanı sıra (Pande vd., 2004, s.40-43);

Kalıcı Başarıya Götürür.

Büyüme hızını sürdürebilmenin ve değişen pazarlardaki payı koruyabilmenin tek yolu sürekli olarak yenilik yapmak ve organizasyonu değişen şartları karşılayacak şekilde yeniden yapılandırmaktır. Altı Sigma, organizasyonun kendini sürekli yenileyebilmesi için gerekli yetenek ve kültürün yaratılmasını sağlamaktadır.

Çalışanlar İçin Bir Performans Hedefi Belirler.

Bir işletmedeki çalışanların tek bir noktaya odaklanması ve aynı yönde faaliyet göstermesi başarının en önemli şartlarından biridir. Hedef tanımları birbirinden farklılık göstermesine rağmen tüm bölüm, fonksiyon ve bireyler müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşılayacak ürün ya da hizmet sağlamak için faaliyet göstermektedirler.

Bu ortak özellik Altı Sigma yaklaşımının çıkış noktasıdır. Altı Sigma müşteri gereksinimlerinin %99,9997 gibi kusursuza çok yakın bir hata oranı ile karşılanmasını öngörmektedir. Bu yüksek hedefle birlikte işletmeler mükemmel performansa ulaşabilmek için daha çok çaba harcamak zorunda kalmaktadırlar.

Müşteriye Sunulan Değeri Arttırır.

Günümüz rekabet ortamında ürünlerin iyi ya da hatasız olması başarıyı garantilememektedir. Altı Sigma'nın özünde yer alan müşteri odağı, müşterilerin nelere

değer verdiğinin öğrenilmesini ve bu gereksinimlerin müşterilere karlı olarak nasıl sağlanacağıının planlanmasını öngörmektedir.

General Electric (GE); Altı Sigma çalışmalarına başladığında, üst yönetim ürün kalitesinin olması gerekenin çok altında bulunduğunu kabul etmiştir. Kalite düzeyleri rakiplerinden daha iyi olmakla birlikte firma yöneticileri ürünlerin müşteri için çok özel ve değerli olması ve onların tek seçimi haline gelmesi gerektiğini savunmuştur. Bu düşüncenin uygulanması GE firmasının başarısına katkı sağlamıştır.

İyileştirme Oranını Arttırır.

Artan rekabet ortamında kendini en hızlı geliştiren işletmelerin başarılı olma şansı daha yüksektir. Altı Sigma, sahip olduğu güçlü araçlar ve düşüncelerle performansın iyileştirilmesiyle birlikte iyileştirmenin de iyileştirilmesini sağlamaktadır.

Öğrenmeyi ve Bilginin Yayılımını Destekler.

1990'lı yıllar Öğrenen Organizasyonların doğuşuna şahit olmuştur. İlk bakışta çok cazip gelen bu kavramın uygulamaya geçirilmesinde ciddi problemler yaşanmıştır. Firmaların birçoğu öğrenmenin önemini vurgulamakta fakat çok azı bunu firmalarında uygulamayı başarabilmektedir. Altı Sigma ise yeni fikirlerin üretilmesini ve paylaşılmasını arttıracak ve hızlandıracak bir yaklaşımdır. GE gibi büyük ve dağınık bir firmada dahi bir öğrenme aracı olarak son derece başarılı sonuçlar vermiştir.

Stratejik Değişimi Gerçekleştirir.

Piyasaya yeni ürünler sürmek, faaliyet alanını değiştirmek, yeni girişimlerde bulunmak, yeni pazarlara girmek, işletmeleri bölmek, birleştirmek satın almak gibi faaliyetler çok sayıda işletme için normal faaliyetlerden biri haline gelmiştir. İşletmelerin süreçlerini ve bir bütün olarak sistemini daha iyi anlaması, hem küçük ayarlamaları hem de büyük çaplı değişimleri gerçekleştirmek için daha büyük bir esneklik sağlayacaktır.

1.3. Altı Sigma'nın Tarihsel Gelişimi

Metodolojinin 1980'li yılların ortalarında Motorola tarafından geliştirildiği söylenmesine karşın, yaklaşık 100 yıllık bir geçmişi bulunmaktadır. Bu süreç aşağıdaki gibi özetlenebilir (Polat vd. , 2005, s.15-16);

- 1900 ve 1920'li yıllar arasında Frederick W. Taylor'un geliştirdiği Bilimsel Yönetim ve İstatistik Teorileri

- Henry Ford'un seri üretim hatlarını 84 ayrı istasyona ayırarak Tam Zamanında Üretim ve Yalın Üretim uygulamalarını ilk olarak kullanması

- Walter Shewhart ve Joseph M. Juran'ın 1920 ve 1924 arasındaki kalite çalışmaları sonucunda üretim süreçlerindeki kaliteyi değerlendirmek üzere geliştirdikleri Kontrol Grafikleri ve Modern İstatistik Süreç Kontrol Yöntemleri

- 1950'li yıllarda Japon kalitesinin en bunalımlı dönemlerini yaşadığı zamanlarda, Japonlara danışmanlık desteği sağlayarak Japon kalite devriminin yapılanmasına büyük katkı sağlayan Dr. Joseph M. Juran ve Dr. Armand Feigenbaum'un uygulamaları ve sonuçta Japonların üstün rekabet gücüne ulaştığı 1970'li yıllar.

Motorola firması Altı Sigma metodolojisinin yaratıcısıdır. Altı Sigma süreci 1980'lerde Motorola'da kullanılmaya başlanmıştır. (Henderson ve Evans, 2000, s. 260-261). 1981 yılında Motorola firması, 1986 yılından önce kaliteyi 10 kat geliştirmeyi öncelikli amaçlarından biri olarak belirlemiştir. Bu amacın gerçekleştirilmesi için; Motorola firması “yaygın hata azaltma-parça başına hata sayısı”ni anahtar unsur olarak tanımlamıştır. Bu yöntemin uygulanması, Motorola'nın bütün iş sektörlerinde düzenli olarak hataları ölçmesini sağlamıştır.

1982 yılında, üretimde kalite iyileştirme programına odaklanılmasıyla birlikte Motorola'nın spesifik gelişimi başlamıştır. Firmanın maliyet indirme çabaları, analitik

metotlar ve sürekli süreç iyileştirme ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bununla birlikte, Motorola firması kullanılan yüksek kalite araçlarının sayısının artırılmasına ve tasarım kalitesinin geliştirilmesine odaklanmıştır. 1987 yılında Motorola iletişim grubundan doğan bu yenilikçi iyileştirme kavramına Altı Sigma adı verilmiştir. Bugün her yönden daha kapsamlı olan Altı Sigma metodolojisi, o dönemde Motorola firmasına sundukları, performansı izlemek ve bu performansın, müşteri gereksinimleri (sigma ölçümü) ile iddialı bir hedef olan pratik açıdan mükemmel kaliteye (altı sigma hedefi) ne kadar yaklaştığını anlamak için çok basit ve mevcut işleyişle uyumlu bir yöntem olarak uygulanmıştır (Pande vd., 2004, s.35-36).

Altı Sigma'nın Türkiye'deki yayılımı incelendiğinde 2001 yılında yaşanan büyük ekonomik krizin etkileri görülmektedir.

- 2001 yılı öncesi Türk firmalarının faaliyet karlılıkları incelendiğinde faaliyet dışı karların (faiz, repo, bono gibi kağıt karları), faaliyet gelirlerinin çok üzerinde olduğu görülmektedir. Ekonomik krizin etkileri, Türk firmalarının faaliyet karlılıklarını arttırmaları gerektiğini bir daha ortaya çıkarmıştır. Bunun sağlanabilmesi ise, verimliliklerin artırılması, maliyetlerin minimum seviyelere kadar indirilmesi, süreç kalitelerinin artırılmasından geçmektedir.

- 2000'li yıllarda globalleşen dünyaya paralel olarak, Türk firmaları da global kimlik kazanmaya başlamıştır. Özellikle 2001 yılı ekonomik kriziyle yerel pazarlarda hayat durma noktasına gelirken, yurtdışı müşterilerine hizmet üreten yerel Türk firmalar karlılıklarını önemli oranda arttırabilmişlerdir. Sadece iç piyasalara hizmet üretmek, piyasalarda alınamayacak bir risktir. Çözüm ise yurt dışı müşterilere üretim yapan, yurt dışı firmalarla ortaklık kuran bir endüstriden geçmektedir. Yurtdışı müşterilerin Altı Sigma uygulamalarını Türk tedarikçilerine önermesi, kimi zaman ise dayatması Türkiye'de Altı Sigma uygulamalarının hızla yayılmasına katkıda bulunmuştur.

Türkiye'de Altı Sigma'nın yayılımı incelendiğinde ilk uygulamaların 1995'li yıllarda hisselerin önemli bir bölümü General Electric'e ait olan TEI'de (Turkish Engine Industry) gerçekleştiği görülmektedir. Türkiye'de Altı Sigma'yı uygulayan ilk

Türk sermayeli işletme ise Arçelik'tir. Arçelik, 1999 yılından beri, özellikle üretim bazlı süreçlerinde Altı Sigma'yı oldukça geniş kapsamlı olarak uygulamaktadır (Polat vd, 2005, s. 22-23).

1.4. Altı Sigma'nın İlkeleri

Metodolojinin başarılı bir şekilde uygulaması için altı kritik ilkeyi içeren Altı Sigma liderlik sisteminin ilkeleri belirlenmiştir. Birinci ilke gerçek müşteri odağıdır. İyileştirmeler müşteri tatmini ve değeri konusunda etkinin derecesine dayanmaktadır. İkinci ilke verilere dayalı yönetimdir. Altı Sigma'nın disiplinli yaklaşımı işletme performansı izlemede anahtar olarak hangi önlemlere gerçekten ihtiyaç duyulduğunu netleştirmekle başlar. Üçüncü ilke süreç odağı, sürecin yönetimi ve süreç iyileştirmeleridir. Hem hizmet hem de üretim sürecinin kontrol edilmesi müşteri memnuniyetinin artmasını sağlamaktadır. Dördüncü ilke proaktif yönetimdir. Farklı durumlar karşısında hızlı bir şekilde yenilikçi kararların alınmasına yardımcı olmaktadır. Beşinci ilke sınırsız işbirliğidir. Ekip çalışması ortak hedeflere ulaşılmasını kolaylaştırır, yani müşteriye değer sağlar. Son ilke ise kusursuzluk için çaba gösterme ve başarısızlığın hoşgörülmesidir. Altı Sigma kalite düzeyini takip eden tüm işletmelerin, müşteri ihtiyaçlarındaki değişiklikleri karşılayabilmek amacıyla performanslarını mükemmel düzeye çıkarmaları gerekirken, aynı zamanda meydana gelebilecek engellerle başa çıkmak için hazırlıklı olmaları gerekmektedir (Haikonen vd., 2004, s.372).

Altı Sigma uygulayan işletmelerin faaliyetlerinin daha yararlı hale gelmesini sağlayan bu ilkeler aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmaktadır (Pande vd., 2004, s.45-48).

Gerçek Müşteri Odağı

1990'lı yıllardaki kalite hareketi ile birlikte çok sayıda işletme "müşteri beklenti ve gereksinimlerini karşılamak ve aşmak" gibi politika ve misyon ifadelerini benimsemişlerdir. Bununla birlikte, çok az sayıda işletme müşteri gereksinim ve beklentilerini anlamak ve bu bilgiyi arttırmak için yoğun çaba göstermiştir. Hatta bu

çabayı gösteren işletmeler bile müşteri gereksinimlerinin dinamik yapısını göz ardı ettiklerinden elde edilen verilerden sağlanan fayda kısa sürmüştür.

Altı Sigma'da müşteri odağı ilk önceliğe sahiptir. Altı Sigma'da performans ölçümü müşteri ile başlar. Altı Sigma iyileştirmeleri müşteri tatmini ve değeri üzerindeki etkileri ile tanımlanır.

Verilere Dayalı Yönetim

Son yıllarda ölçüme, bilginin yönetimine, bilişim teknolojilerine vb. verilen öneme rağmen iş dünyasında çok sayıda karar hala duyum ve varsayımlara dayalı olarak alınmaktadır.

Altı Sigma uygulamalarının ilk basamağı iş performansını tahmin etmek için gerekli anahtar ölçütlerin belirlenmesidir. Bu ölçütler daha sonra kritik değişkenleri anlamak ve sonuçları optimize etmek için kullanılmaktadır.

Daha açık bir ifade ile Altı Sigma, verilere dayalı karar ve çözümleri desteklemek için yöneticilerin hangi verilere/ bilgilere gerçekten ihtiyaç olduğu ve bu verilerin/bilgilerin en fazla yarar sağlayacak şekilde nasıl kullanılacağı şeklindeki iki temel soruyu cevaplamalarına yardımcı olmaktadır.

Sürece Odaklanma

Altı Sigma'da süreç faaliyetin olduğu yerdir. İşletme yönetimi, ürün ve hizmet tasarımı, performans ölçümü, etkinliğin artırılması ve müşteri tatmininin iyileştirilmesi gibi tüm alanlarda başarının anahtarı süreçlerdir.

Altı Sigma uygulamaları ile sağlanan büyük kazançlar, süreçlerin müşteriye değer sağlamak için kullanımı ile gerçekleştirilmiştir.

Proaktif Yönetim

“Proaktif” kavramı çoğunlukla “reaktif” kavramının tersi olarak düşünülmemekte ve olaylardan önce harekete geçme anlamını taşımaktadır. İş yaşamında proaktif yönetim başarı için kritik iş alışkanlıkları ile ilgilidir; iddialı hedefler oluşturmak, bunları sık sık gözden geçirmek, açık politikalar geliştirmek, problemlerin önlenmesine odaklanmak, bilinçsiz bir şekilde işleri nasıl yaptığımızı savunmak yerine, işlerin niçin böyle yapıldığını sorgulamaktır. Altı sigma bu açıdan proaktif bir yaklaşımı temsil etmektedir ve işlerin “nasıl” yapıldığına değil “neden” o şekilde yapıldığına odaklanmaktadır.

Altı Sigma reaktif alışkanlıkların yerini dinamik, ihtiyaçlara gerçekten cevap veren proaktif bir yönetim tarzının almasını sağlayacak araç, yöntem ve uygulamaları içermektedir.

Sınırsız İşbirliği

İşletmenin tedarikçileri ve müşterileriyle ve de işletme çalışanlarının birbirleriyle kuracakları işbirliğinin getireceği fırsatlar büyüktür. Müşteriye değer yaratmak için ortak çalışması gereken gruplar arasındaki rekabet ve irtibatsızlıklardan dolayı her gün milyarlarca dolar kaybedilebilmektedir.

Altı Sigma işletmelerin büyük resimdeki yerlerini görmelerini ve faaliyetler arasındaki ilişkileri anlamalarını sağlayarak iş birliği fırsatlarını arttırmaktadır. Altı Sigma’daki sınırsız işbirliği karşılıksız fedakarlık anlamında değildir. Bununla birlikte son kullanıcıların gerçek ihtiyaçlarının ve süreçler arasındaki ilişkilerin anlaşılmasını gerekli kılmaktadır. Ayrıca müşteri ve süreç bilginin tüm ilgili şahıs ve birimlere yarar sağlayacak şekilde kullanımını öngörmektedir.

Kusursuzluk İçin Çaba Gösterme ve Başarısızlığa Karşı Hoşgörü

Kusursuzluğu isterken başarısızlığa karşı hoşgörülü davranılması pek mümkün değildir. Fakat bir takım riskler içeren fikir ve yaklaşımları uygulamaya koymaksızın

bir şeyler elde etmek ve bir yerlere ulaşmak mümkün değildir. Eğer çalışanlar alacakları kararların ya da yapacakları uygulamaların sonuçlarından korkarlarsa daha iyi hizmet, daha düşük maliyet, daha yüksek kaliteye ulaşmayı denememektedirler. Bunun sonucu durgunluk, yozlaşma ve ölüm olabilmektedir.

Ayrıca performans iyileştirmesi için Altı Sigma'nın sunduğu araç ve yöntemler önemli ölçüde risk yönetimi içermektedir. Altı Sigma'yı hedef edinmiş bir işletme tabii ki her zaman kusursuzluk için çaba harcayacak, fakat meydana gelebilecek başarısızlıkları da kabul edecektir.

1.5. Altı Sigma Metodolojisi ve Toplam Kalite Yönetimi İlişkisi

Altı Sigma metodolojisi, kalite yönetimi için genel bir temel sağlayan müşteri odaklı bir yaklaşımdır (Motwani vd., 2004, s.273). Toplam Kalite Yönetimi (TKY)'nin önemli odak noktalarından biri olan süreçlerin kalitesinin ölçümü ve iyileştirilmesinde, kullanılabilen bir metodoloji olan Altı Sigma'nın hedefi hata oranlarını milyonda 3,4 seviyesine düşürmektir. Altı Sigma yaklaşımı, üretim süreçlerinde kullanılmak üzere geliştirilen ve hataların kolayca bulunup hesaplanabildiği bir yaklaşım olarak TKY'ne dayanmaktadır (Henderson ve Evans, 2000,s.260-261).

TKY; tüm organizasyonun verimliliğini, etkinliğini ve rekabet edebilme gücünü iyileştiren bir yaklaşımdır. Her faaliyeti planlama, organize etme ve anlamanın bir yoludur (Senapati, 2004, s.684). TKY mükemmelliği, yani "sıfır hata" düzeyinde bir ideali hedefleyen bir yönetim felsefesidir. Bu hedefin ulaşılamazlığı, TKY'nin sürekli gelişmeyi sağlayan sonsuz bir yolculuk olmasının nedenidir.

Altı Sigma; TKY ve Sürekli İyileştirme gibi kalite girişimlerinden daha kapsamlı bir yaklaşımdır. Altı sigma metodolojisi ölçülmüş ve raporlanmış finansal sonuçları içerir, daha gelişmiş ek veri analiz araçları kullanır, müşteri sorunlarına odaklanır ve proje yönetim araçları ve metodolojisini kullanır. Altı Sigma metodolojisi aşağıdaki gibi özetlenebilir;

Altı Sigma = TKY + Güçlü Müşteri Odağı + Ek Veri Analiz Araçları + Finansal Sonuçlar + Proje Yönetimi (Kwak ve Anbari, 2004, s.2).

TKY ve Altı Sigma arasında önemli farklılıklar yoktur. Altı Sigma; TKY'nin bazı tekniklerini kullanmaktadır. Hem TKY hem de Altı Sigma üst düzey yönetimin ve liderliğin önemini vurgulamaktadır. Her iki yaklaşım da sürekli kalite iyileştirmenin uzun dönem işletme başarısı için önemli olduğunu savunmaktadır. TKY'de kullanılan Planla-Uygula-Kontrol- Ölç döngüsü ile Altı Sigma'da kullanılan Tanımlama- Ölçme –Analiz-İyileştirme- Kontrol döngüsü temelde birbirinden farklı değildir (Pyzdek, 2001, s.1).

Altı Sigma'yı TKY'den ayıran anahtar başarı faktörleri (Basu ve Wright, 2003, s.38);

- İstatistik bilimi ve ölçümlemenin önemini vurgulanması
- Farklı düzeylerde eğitim planlarının yapılandırılması (Şampiyon, kara kuşak, yeşil kuşak gibi...)
- TÖAİK gibi problem çözme teknikleri ile proje odaklı yaklaşım
- Üst yönetim liderliği, sürekli eğitim ve yıllık tasarruf planları ile Juran'ın öğretisinin desteklenmesi
- Somut tasarruflarla bu etkilerin rakamlaştırılmasıdır.

Altı Sigma metodolojisi ile TKY arasındaki farklılıklar TKY'nin popülerliğini azaltırken Altı Sigma'nın popülerliğinin artmasına neden olmuştur. Belirgin temel farklılık yönetimdir. TKY'nin aksine, Altı Sigma sadece bir işle uğraşan teknik personel tarafından değil Amerika'nın en iyi üst düzey yöneticileri (Motorola'dan Bob Galvin, Allied Signal'dan Larry Bossidy ve GE'den Jack Welch) tarafından yaratılmıştır. Bu kişiler kalite anlayışında kullanılan teknik ve araçları kullanarak ve bunlara kendi bakış açılarını da ekleyerek Altı Sigma'nın çatısını oluşturmuşlardır. 1950'de bulunan Toplam Kalite Kontrol ürün kalitesini geliştirmek için kalite faaliyetlerinin mühendislik ve satın alma gibi departmanlara yayılması gerektiğini göstermiş ve bu alanda bir takım başarılar elde etmiştir. Bu başarılarla rağmen kalite yöneticileri bazı hatalar ile karşılaşmışlardır. Örneğin;

- Diğer kritik işletme konuları ihmal edilerek kaliteye odaklanılmıştır. Kalite her şeye uyarlanmıştır. Tabii ki bu da işletme sezgilerinin azalmasına ve iyileşmiş kaliteye rağmen hataların olmasına neden olmaktadır.

- Performansın artışı gerçekleştirilmek için çabalamaktansa minimum ihtiyaçlar ve standartlara önem verilmiştir.

- Organizasyonda kalitenin sadece kalite departmanının işi olduğuna yönelik bir fikir oluşmuş, bundan dolayı diğer departmanlar kendi bölümlerinin gerçekleştirilmesi gereken kalite faaliyetlerini başlatamamışlardır

- İşletme sürecini iyileştirmede kaynakların kullanımı için alt yapı geliştirilmemiştir.

- Kalite kariyer yolu geliştirilmiştir. Kalite yöneticileri işletmenin diğer alanlarında düşük uzmanlığa sahip olma eğilimindedir. Emeğin bu şekilde bölünmesi belli bir düzeydeki kalitenin ötesine geçilmesinde kalite iyileştirmeyi zorlaştırmaktadır.

Altı sigma yaklaşımında, üst düzey yöneticiler problemin ne olduğunu görebilmekte ve probleme uygun yaklaşım yaratabilmektedirler. Altı sigma çabalarının olumlu sonuçları aşağıda özetlenmiştir (Pyzdek, 2001, s.1);

- Altı Sigma maliyet, çevrim zamanı ve diğer işletme amaçlarını iyileştirme araçlarının kullanımını arttırmaktadır.

- Altı Sigma, organizasyonun amaçlarını birleştirerek organizasyonun bütününde bir iyileştirme girişimi oluşturur. Kalite olması gereken bir unsurdur ancak diğer iş hedeflerinden bağımsız değildir. Altı Sigma organizasyonun bütününe ihtiyaçlarının incelenmesini sağlayacak üst seviyede bir bakış açısı yaratır.

- Altı Sigma dünya sınıfı performans için çalışmaktadır. Altı Sigma standardı müşteri beklentilerini milyonda 999 996,4 karşılamaya çalışmaktadır.

- Altı Sigma kalite departmanında çalışmayan kişilerin, tam zamanlı veya yarı zamanlı olarak kendi bölümleri içinde veya başka bölümlerdeki projelerde çalışmasını sağlayarak organizasyon için yeni bir alt yapı sistemi oluşturur.

Tablo 1-1: Toplam Kalite Yönetimi ve Altı Sigma metodolojisinin karşılaştırılması.

Toplam Kalite Yönetimi (TKY)	Altı Sigma
Kalite odaklıdır.	Stratejik amaç odaklıdır ve bunları maliyet, proje ve diğer işletme ölçülerine uygular.
Kalite idealizmi tarafından harekete geçmiştir.	Büyük hissedar grupları için (müşteri, üye, hissedar) somut yararlardan yola çıkmıştır.
Çalışanların rutin görevleri vardır. (planlama, iyileştirme, kontrol gibi)	Atıl kaynaklar organizasyonun kendisini ve kilit işletme sürecini değiştirmek için atanır.
Problem çözme üzerinde durulur.	İyileştirmenin ilerleme oranı üzerinde durulur.
Performans standartlarına odaklanılır. Örneğin; ISO 9000	Dünya sınıfı performansa odaklanılır. Örneğin; milyon olasılıkta 3,4 hata oranı
Amaçlar kalite için en iyi olan organizasyon için de iyidir fikrine ve kalite kriterine bağlı olarak kalite departmanı tarafından geliştirilir.	Amaçlar liderliğin stratejik hedefleri ve müşteri ihtiyaçlarına göre oluşturulur.
Teknik personel tarafından geliştirilir.	Üst düzey yöneticiler (CEO) tarafından geliştirilmiştir.
Uzun dönemli sonuçlara odaklanır. Beklenen ödemeler iyi tanımlanmamıştır.	Altı sigma uzun ve kısa dönemli sonuçların karışımına odaklanır.

Kaynak: Motwani vd., 2004, s.274

1.6. Kalitesizlik Maliyeti (Cost Of Poor Quality, COPQ) ve Kalitesizlik Maliyetinin Türleri

İşletmeler, kalite alanındaki performans düzeylerinin temel göstergesi olarak kalitesizlik maliyetini kullanmaktadırlar (Harry ve Schroeder, 2000, s.30). Kalitesizlik maliyeti müşterilere %100 kalite sunmadaki başarısızlığın maliyetidir. Hataların sonucu olarak ortaya çıkan ekonomik kayıptır. Kalitesizlik maliyeti belli ölçüde hareketli bir hedef olmakla birlikte son derece değerli bir hedeftir (Mahanti ve Antony, 2005,s.742). Kalitesizlik maliyeti, içsel denetim, ıskarta ve yeniden üretme maliyetleri, garanti ve tamirleri etkilemektedir. Kalitesizlik maliyetleri işletmenin gelirleri ile karşılaştırılarak Altı Sigma projelerinin uygulanmasına ihtiyaç olup olmadığı belirlenebilmektedir (Harry ve Schroeder, 2000, s.244).

Altı Sigma'dan önce görülen masraf, fırsat kaybının maliyeti olarak değerlendirilmiştir. Ancak Altı Sigma kapsamında kalitenin istenen düzeyde olmaması sadece ürünün kalitesi anlamına gelmemektedir. Kalitesizlik maliyeti, farklı yönetim düzeylerindeki tüm faaliyetler nedeniyle oluşan masrafları ve gözle görülen masrafları içermektedir. Kalitesizlik maliyeti, yönetim faaliyetleri sırasındaki tüm masrafları niceliksel bir tarzda tanımlayarak ve bu masrafları kısmak için bir plan oluşturarak hesaplanmaktadır.

Genel olarak; düşük üretim, denetim sistemi, kalite garantisi, fire ve yeniden üretimden kaynaklanan kalitesizlik maliyeti kolayca tahmin edilebilmektedir. Batı işletmeleri örneğinde bu gözle görülür maliyet toplam gelirin %4-8'ine karşılık gelir. Ancak eksiklik ve hatalarla ilgili gizli maliyet gözle görülen düşük kalite masrafına dahil olmamaktadır. Tasarım değişikliği, daha uzun çevrim süresi, yüksek kalite, üretim planı değişikliği, operasyon maliyeti artışı, gelir azalması ve marka imajının zedelenmesi gizli maliyetlere girmektedir. Batılı firmaların kalitesizlik maliyet değeri toplam değerlerin %15-30'u arasındadır. Buna göre gizli masraf gözle görülür masrafın 3 katından fazladır ve batılı firmalar hatalar nedeniyle gelirin %15-30'u arasındaki bir miktarı harcamaktadırlar (Han ve Lee, 2002, s.29).

Kalitesizlik maliyeti, hem gözle görülür hem de gizli masrafları içeren toplam maliyeti temsil eder. Bu maliyetten tasarruf etmek için kalitesizlik maliyetinin ana faktörleri olan kritik kalite karakteristiği değişkenlerinin tanımlanması gerekmektedir.

Kritik kalite karakteristiği değişkenleri, sistem için hedeflenen kaliteyi etkileyen ana faktörlerdir. Altı Sigmanın hedefi, kritik kalite karakteristiği değişkenlerini kullanarak kalitesizlik maliyetini minimize etmektir (Han ve Lee, 2002, s.29).

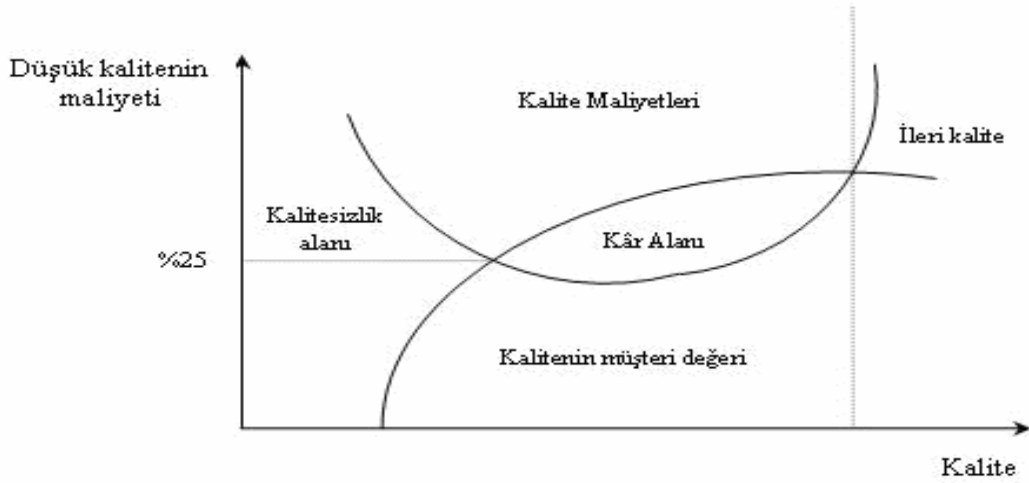
Sigma düzeyleri ile kalitesizlik maliyeti arasındaki ilişki Tablo 1-2’de gösterilmiştir.

Tablo 1-2: Kalitesizlik Maliyeti ile Sigma Düzeyi İlişkisi

<u>Kalitesizlik maliyeti</u>	<u>Milyonda Hata Sayısı</u>	<u>Sigma Düzeyi</u>
Satışların % 40’ından fazlası	308.537	2
Satışların %25- 40’ı	66.810	3
Satışların %15- 25’i	6.210	4
Satışların %5- 15’i	233	5
Satışların %1’den azı	3,4	6

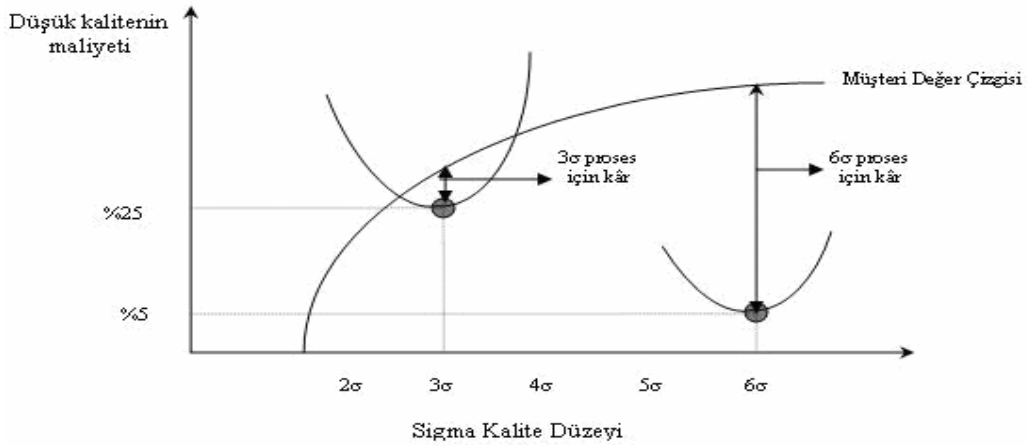
Kaynak: Harry ve Schroeder, 2000, s.17

Sürecin yapısını gösteren sigma düzeyi ile kalitesizlik maliyetinin ölçülmesi olanaklıdır. Kalitesizlik maliyeti; performans düzeyi 6 sigma’da olduğunda satışların maliyeti % 1’den daha az olacaktır. Birçok firma için süreç kalitesi için kabul edilebilir bir düzey olan üç sigma düzeyinde ise kalitesizlik maliyeti satışların maliyetinin % 25-40’ı kadar olacaktır (Basu ve Wright, 2003, s.38). Firma kar oranlarının minimum seviyelere ulaştığı günümüz koşullarında toplam gelirin % 40’ı kalitesizlik maliyeti olan bir firmanın rakipleri ile rekabet etmesi mümkün değildir.



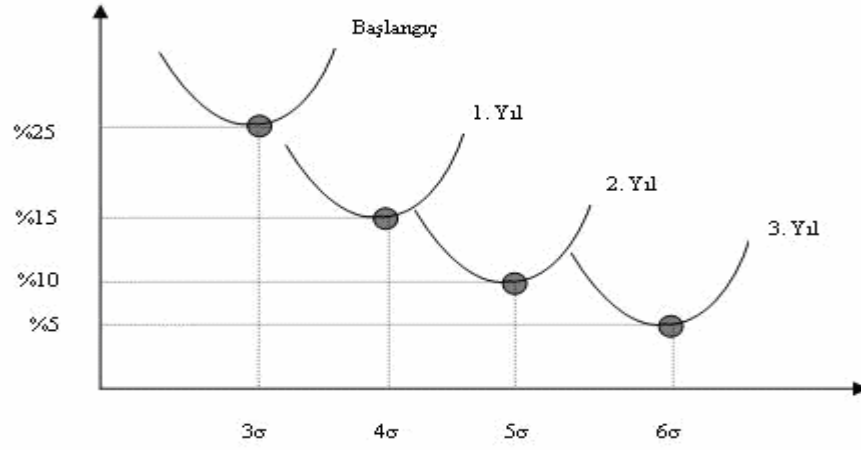
Şekil 1-1: Kalite ve Maliyet İlişkisi
Kaynak: Pyzdek, 1999, s.1

3σ şirketi düzeyinde faaliyet gösteren bir işletme düşük kalite yüzünden sürekli müşteri kaybeder ve rakipleri işletmeyi fiyat yönlü rekabette sürekli geride bırakırlar. Kalite problemleri testler ve muayeneler artırılarak çözülmeye çalışılır. Sonuçta hatalarda bir düşüş gözlenebilir fakat bu sürecin doğal sonucu maliyetler artar. Kalitede müşterilerin yerleri oldukça önemlidir. Kalite düşük olduğunda müşteriler ürünleri almaz, kalite iyileştirildiğinde de maliyetler artar. Dolayısı ile müşteriler artan fiyatları ödemekte zorlanırlar.



Şekil 1-2: 3 σ ve 6 σ Düzeylerinde Gerçekleşen Karlar
Kaynak: Pyzdek, 1999, s.1

Şekil 1-2'de 3σ kalitesi ve 6σ kalitesi arasındaki farklılıklar gösterilmektedir. 3σ düzeyinde faaliyet gösteren bir işletmede düşük kalitenin maliyetinin satışların %25'i olduğu durumda kârlılık maksimum olur. Bu maliyet düzeyinde elde edilen kâr çok düşüktür. 6σ düzeyinde faaliyet gösteren bir işletmede ise düşük kalitenin toplam maliyeti satışların %5'i olarak gerçekleşmektedir ve bu durumda elde edilen kar 3σ düzeyinde elde edilen kara göre oldukça yüksektir (Pyzdek, 1999, s.1).



Şekil 1-3: 6 σ 'ya Doğru Beklenen Gelişme
Kaynak: Pyzdek, 1999, s.1

İşletmelerin, 3σ düzeyinden 6σ düzeyine geçişi bir anda ve kolay olmamaktadır. Genel performans, önce 3σ 'dan 4σ 'ya, daha sonra 5σ 'ya ve bunun gibi artan şekilde, insanların eğitimi ve sistemlerin yeniden tasarımı ve geliştirilmesi ile gelişecektir (Pyzdek, 1999, s.1).

Kalitesizlik Maliyetinin Türleri

Kalitesizlik maliyeti 5 kategoriye bölünebilir (Mahanti ve Antony, 2005, s.743; Basu ve Wright, 2003, s. 44);

- (1) Değerlendirme maliyetleri; (appraisal costs)
- (2) Önleme maliyetleri; (prevention costs)
- (3) İç başarısızlık maliyetleri; (internal failure costs)
- (4) Dış başarısızlık maliyetleri; (external failure costs)

(5) Fırsat maliyetleri; (opportunity costs)

Değerlendirme Maliyetleri

Değerlendirme maliyetleri, ürünün kalite gereklerine uygunluğunun sağlanması için yapılan çalışmaların maliyetleridir (Bozkurt, 2003a, s.19). Projenin başlangıcında, proje sırasında veya sonunda spesifikasyonlara uygunluk derecesini belirlemeden doğan masraflardır (Mahanti ve Antony, 2005, s.743).

Kalite karakteristiklerinin teknik spesifikasyonlara uygunluğunun ölçümü ve değerlendirilmesini sağlayan bu maliyetlerin kapsamına tüm muayene ve denetim fonksiyonlarındaki dolaylı ve direkt işçilik maliyetleri örneğin giriş ve son kontroller, laboratuvar ve test cihazlarının bakım ve kalibrasyon giderleri ve işletme dışı belgelendirme giderleri gibi giderler girmektedir (Tan ve Peşkirioğlu, 1991, s.29).

Önleme Maliyetleri

Ürün veya hizmetlerin tüketici isteklerine uygunsuzluğunu önlemek amacıyla gerçekleştirilen maliyetlerdir. Bir başka anlatımla, kalite gereklerine en ekonomik düzeyde uygunluğun sağlanması için kurulacak olan kalite sisteminin planlanması, uygulanması ve uygunluğun sürdürülmesi maliyetleridir (Bozkurt, 2003a, s.16). Buna eğitim, süreç iyileştirme, resmi teknik gözden geçirmeler, kalite denetimleri, çalışma ortamının geliştirilmesi, tedarikçilerin değerlendirilmesi ve süreç performansının kontrol edilmesi dahildir (Mahanti ve Antony, 2005, s.743).

Önleme maliyetleri başarısızlık ve değerlendirme maliyetlerini minimum düzeyde tutmayı amaçlamaktadır (Juran ve Gryna, 1988, s. 4.6). Önceden sınırları belirlenmiş olan kalite standartlarından sapmaların önüne geçmek amacıyla sürdürülen çalışmalardır. Önleme giderlerinin kapsamına süreç kontrolü, kalite planlaması, test ve ölçme cihazlarının dizayn ve geliştirilmesi ile personelin eğitimi gibi kalite sorunlarının ortaya çıkmasını önleyici faaliyetlere ilişkin maliyetler girmektedir (Tan ve Peşkirioğlu, 1991, s.29).

İç Başarısızlık Maliyeti

Ürünün tedarikçiden müşteriye transferinden önce ortaya çıkan ve yetersiz kalite nedeniyle oluşan maliyetlerdir (Bozkurt, 2003a, s.20). Ürünün geliştirilmesi sırasında bulunan kusurlarla baş etmenin maliyetidir. Buna arızaların tamiri, arıza takip faaliyetleri ve arıza tamir çabalarından sonra yanlışlıkla yeni arızaların meydana gelmediğinden emin olmak için yapılacak ilave testler veya uzman incelemeleri dolayısıyla yapılacak olan işler dahildir (Mahanti ve Antony, 2005, s.743).

İç başarısızlık maliyetleri bütün işletme kayıplarını kapsamaktadır. Iskarta, hurda, fire gibi piyasaya sürülemeyecek olan ve üretim sırasında veya son kontrollerde ayıklanan ara mamul veya mamullerin maliyetini; mamul veya yarı mamullerden kalitesiz olarak alıcıya sunulanlar için ödenen kalite farkını; mal teslimine olanak sağlamak ve fiyat kırmalarının önüne geçmek amacıyla üretim sonrasında ürün üzerinde yapılan ek harcamaları ve işçilik toplamını içermektedir (Tan ve Peşkircioğlu, 1991, s.29).

Dış Başarısızlık Maliyeti

Ürünün müşteriye transferinden sonra ortaya çıkan yetersiz kalite nedeniyle oluşan maliyetlerdir (Bozkurt, 2003a, s.22). Bir ürün müşterilere teslim edildikten sonra fark edilen arızalardan kaynaklanan masraflardır. Dış başarısızlık maliyetleri arasında garanti masrafları, fiyatlandırmalar, iade malzemeler ve müşteri destek masrafları (müşterilerle konuşmak, konunun araştırılması) yer almaktadır. Ürün teslimatından sonra tespit edilen arızalar, tatmin edilmemiş müşteriler, zayıf ürün değerlendirmeleri ve ürünün ismine zarar verilmesi nedeniyle ticaret kaybına da yol açabilmektedir. Bazı durumlarda hasar sadece bir ürüne değil şirketin pazardaki tüm ismine ve imajına yönelik olabilir ki bu şirketin diğer ürünlerinin satışlarını da olumsuz şekilde etkileyebilmektedir. Zarar gören bir isim şirketin kaliteli personel çalıştırmasını da zorlaştırmaktadır (Mahanti ve Antony, 2005, s.744).

Kalite sapmalarının ürün işletme dışına çıktıktan sonra işletmeye yüklediği maliyetler olup kapsamına alıcılar tarafından kesin olarak reddedilen ürünlerin toplam değeri, reddedilen ürünler için nakliye, depolama ve satış öncesi hizmetleri kapsayan giderler, teslim edilen ürünün kalite düşüklüğünden doğan sözleşmelerde belirtilen her türlü ödenti ve kesintiler toplamı, ürün tesliminin gecikmesinden doğan ve sözleşmelerde belirtilen her türlü ödenti ve kesintiler, satış sonrasında ücretsiz sağlanan hizmetler ve bununla ilgili birimin işletmeye maliyeti girmektedir (Tan ve Peşkirioğlu, 1991, s.29).

Fırsat Maliyetleri

Beklenmeyen arızaların tamir çabalarına yardımcı olmak üzere personelin diğer projelerden ve faaliyetlerden geçici olarak getirilmesi gerekebilir. Ürün çıkarıldıktan sonra da gerçekleşebilir ve bu sırada bir acil durum güncellemesi yapılması gerekir. Bu gerçekleştiğinde bu projelerin ve faaliyetlerin etkilenme derecesi ölçüsünde fırsat maliyetleri ortaya çıkar. Fırsat maliyetleri arızalardan kaynaklanan tüm kayıp karlar için geçerlidir çünkü para yeni ürün geliştirmeye veya ekonomik değer yaratabilecek olan diğer faaliyetlere yatırılabilirdi (Mahanti ve Antony, 2005, s.744).

1.7. Sigma ve Standart Sapma

Sigma, Yunan alfabesindeki bir harfin adıdır. Büyük harf sigma toplam simgesi olarak (Σ) bilinir. Küçük harf olarak da (σ) özellikle istatistikte ve istatistiksel süreç kontrolünde çok önemli bir ölçüt olan, standart sapmanın simgesidir. Standart sapma bir sürecin ortalaması etrafındaki değişkenliğini ifade eder. Sigma (σ), ortalama ile eğrinin bükülme noktası arasındaki uzaklıktır.

Standart sapmanın karesi, varyans (σ^2) olarak adlandırılmaktadır. Varyans, değişkenliğin temel ölçütüdür. Standart sapma, varyansın karekökü olduğu ve dolayısıyla birimi de ilgili değişkenle aynı olduğu için dağılma ölçütü olarak uygulamacı açısından daha kolay anlaşılabilir ve dolayısıyla tercih edilen bir ölçüttür. Belirli koşullarda oluşan değerler arasındaki farklılaşma ne kadar büyükse, standart

sapması da o denli büyük bir değer olarak hesaplanmış olur. Aksine homojenlik düzeyi arttıkça, yani farklılıklar azaldıkça, bunların ölçüsü olan standart sapmanın sayısal değeri de küçülür. Çok ileri ve iddialı bir hedef, sıfır sapmalı sistemlere, süreçlere sahip olabilmektir. Bu hedefin kalite açısından karşılığı sıfır kusur kavramıdır.

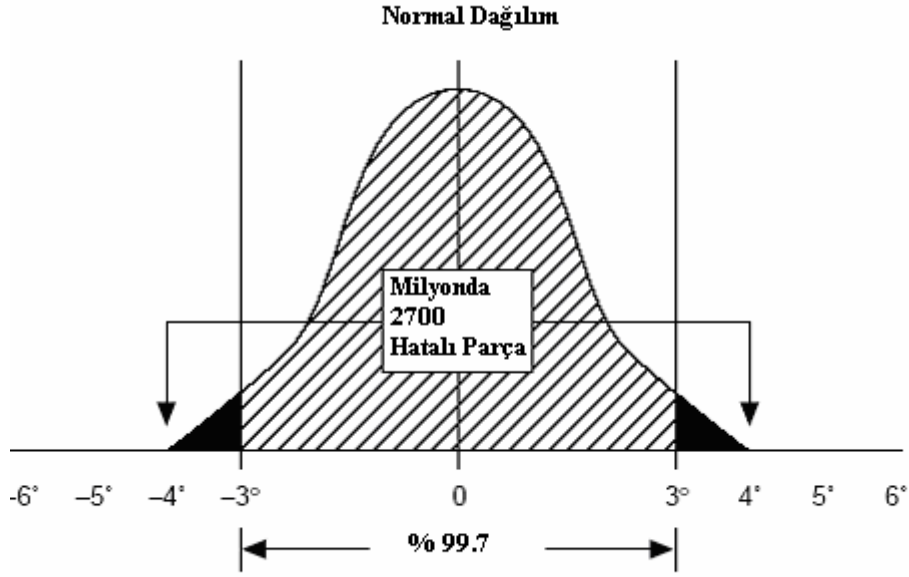
İstatistikte sigma; veri setinin standart sapmasını göstermektedir. Bu değer, istatistiksel dağılımda tüm verilerin ortalama değerden nasıl saptığını gösteren değişkenlik ölçüsünü vermektedir. Normal dağılım işletmelerdeki birçok veri setinin temsil edilmesinde kullanılmaktadır. Veriler normal bir dağılım gösterdiğinde; verilerin %99,73'ü ortalamadan ± 3 standart sapma (sigma) içinde yer alacaktır (Behara vd., 1995, s.9-12).

Altı Sigma süreci için; daha yüksek sigma daha fazla hatasız çıktı anlamına gelmekte ve müşteri gereksinimlerinin daima karşılanacağını göstermektedir. Başka bir deyişle; daha yüksek sigma düzeyi daha az hata anlamına gelmektedir. Ancak şu belirtilmektedir ki daha yüksek sigma değişkenliği azaltmamakta sadece dağılım eğrisinin altında yayılan alanı arttırmaktadır. Örnek olarak (Basu ve Wright, 2003, s.36);

❖ 1 sigma düzeyi ile ürün veya hizmetlerin % 68,27'si müşteri gereksinimlerini karşılamaktadır ve milyon olasılıkta 317.300 hata gerçekleşecektir.

❖ 3 sigma düzeyi ile ürün veya hizmetlerin % 99,73'ü müşteri gereksinimlerini karşılamaktadır ve milyon olasılıkta 2700 hata gerçekleşecektir.

❖ 6 sigma düzeyi ile ürün veya hizmetlerin % 99,99966'sı müşteri gereksinimlerini karşılayacaktır ve milyon olasılıkta 3,4 hata gerçekleşecektir.



Şekil 1-4: Normal Dağılım Eğrisi ve Üç Sigma Düzeyinde Karşılaşılan Hata Sayısı
Kaynak: Behara vd, 1995, s.10

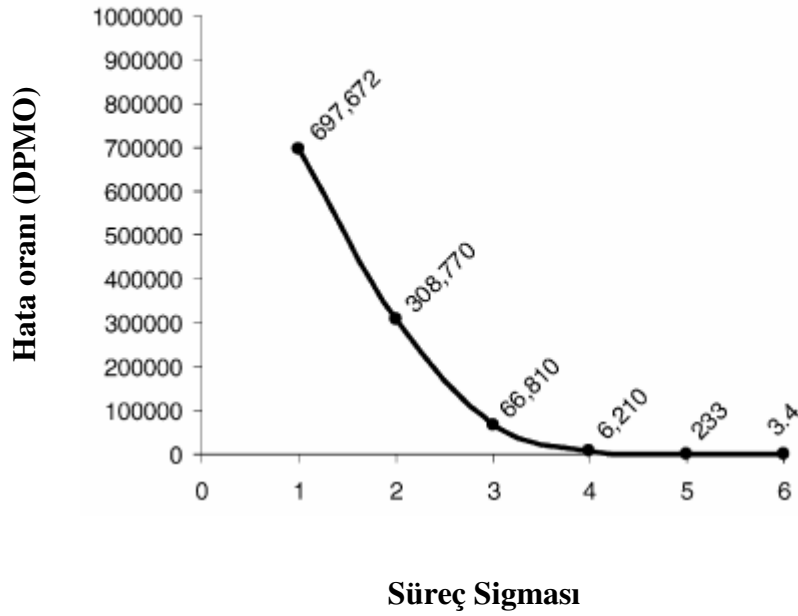
3 sigma ile 6 sigma arasında önemli bir farklılık vardır. Örneğin; ± 3 sigma yeterliliği % 93,33 uzun dönem verimi oluşturmaktadır. Firma uzun dönem % 99,99966 verime ulaşmak isterse ± 6 sigmaya yaklaşmak kaçınılmaz olmaktadır. Bu, mükemmel performanstır (Hoboken, 2003, s.14). Altı Sigma'nın istatistiksel amaçları ortalamayı merkezileştirmek ve süreç değişkenliğini azaltmaktır. Böylece Altı Sigma süreci sıfır hataya yaklaşacaktır (Markarian, 2004, s.49).

Altı Sigma uygulayan şirketler, süreçlerinin verimliliğini sigma seviyesi adı verilen bir endeksle izlemektedirler. Sigma seviyesiyle; ürün başına hata, kalitesizlik maliyeti, çevrim zamanı ve verimlilik gibi karakteristikler arasında sıkı bir ilişki bulunmaktadır (Polat vd. , 2005, s.30-31).

Altı Sigma yaklaşımı, ölçüm aracı olarak parça başına hata sayısını kullanmaktadır. Parça başına hata sayısı, bir sürecin veya ürünün kalitesini ölçmek için iyi bir araçtır. Hatalar, maliyet ve zaman arasında bağlantı kurar. Sigma değeri hataların hangi sıklıkta meydana geldiğini ifade eder. Hata, müşterinin memnuniyetsizliğine sebep olan herhangi bir unsurdur. Bundan dolayı sigma düzeyi artarken maliyet ve

çevrim zamanı azalmakta aynı zamanda müşteri memnuniyeti artmaktadır (Pyzdek, 2001,s.1).

Şekil 1-5, hata oranları ile süreç sigması arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Süreç sigması arttıkça hata oranlarının azaldığı, süreç sigması azaldıkça hata oranları arttığı görülmektedir.



Şekil 1-5 : Süreç Sigma Düzeyine Göre Hata Oranları
Kaynak: Linderman vd., 2003, s.194

Altı Sigma ve 1,5 Sigma Değişikliği

Altı Sigma'nın özünde standart normal dağılım yatmaktadır. Bu dağılım geniş bir uygulama alanına sahiptir ve birçok sistem bu dağılım ile tahminlenmektedir. Dağılım her iki yönde de uzamasına rağmen dağılımın çizimlerinde genellikle ± 3 standart sapmalık alan gösterilmektedir. Çünkü bu alan verilerin % 99,73' ünü içermektedir (Pyzdek, 2001,s.1).

Tablo 1-3: Spesifikasyon Limitlerinde Bulunma Yüzdeleri ve Milyonda Hata Değerleri

<u>Spesifikasyon limitleri</u>	<u>Yüzde</u>	<u>Milyonda Hata Sayısı</u>
1	68,27	317.300
2	95,45	45.500
3	99,73	2700
4	99,9937	63
5	99,999943	0,57
6	99,99999998	0,002

Kaynak: Pyzdek, 2001, s.1

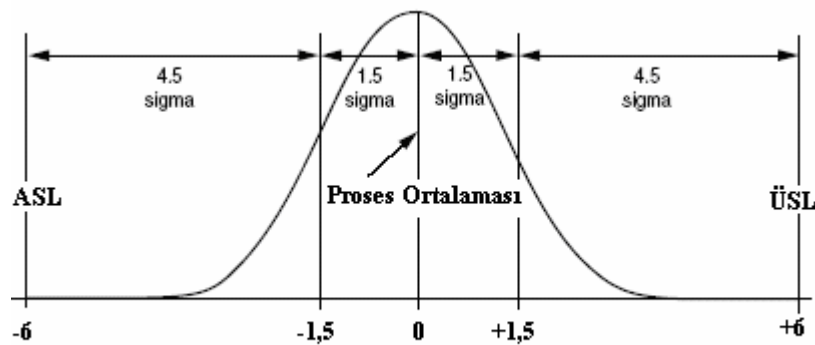
Örneğin yapılan bir ankete göre; müşteriler telefonda bekletilme süreleri 15 dakikadan fazla olduğunda mutsuzluk duysunlar. Bekleme zamanları normal olarak dağılmış olsun, ortalama bekleme süresi 12 dakika ve standart sapma 1 dakika olsun. 15 dakika ortalamanın üzerinde 3 standart sapmadır. Altı Sigma' dan önce bütün kalite hesapları herhangi bir değişiklik yapmadan normal dağılıma dayanarak yapılmıştır. Altı Sigma, spesifikasyonun dışındaki yüzdeyi hesaplarken yukarıda sözü edilen prosedürü, hesaplanan ortalamayı 1,5 sigma (standart sapma) değiştirmek suretiyle yapmaktadır. Hatta bekleme zamanı örneği için hesaplanmış 12 dakikalık değer yerine hesaplamalar Altı Sigma'ya göre artık ortalama 13,5 dakika üzerinden yapılmalıdır (Pyzdek, 2001,s.1).

Motorola'da Altı Sigma; milyon olasılıkta 3,4 hata sayısını azaltmayı amaçlayan bir kalite iyileştirme programı olarak tanımlanmaktadır. Altı Sigma ürün karlılığı, stoklar, çevrim zamanı ve ürün hataları arasındaki güçlü ilişkileri ve normal dağılımı kullanmaktadır. Ancak Altı Sigma kalitesinin milyonda 3,4 hata dönüşümünü nasıl sağlayacağı konusunda birtakım karışıklıklar söz konusu olmaktadır. Motorola'nın Altı Sigma değeri ve Altı Sigma değeri arasında birtakım farklılıklar söz konusudur. Sürecin sigma değeri o sürecin kalite düzeyini tanımlar. Ölçülmüş ürün karakteristiğinin yarı toleransı sürecin standart sapması K'ya eşit olduğunda süreçteki K sigma'nın kalite düzeyi gerçekleşir.

K^* süreç standart sapması= spesifikasyonun yarı toleransı

Bu tanımlama tek başına sürecin merkezileşmesi için yeterli değildir. X' in süreç ortalaması ve T' nin hedef değer olduğu durumda; bu tüketicinin üst ve alt sınır limiti orta noktası X=T olduğunda süreç merkezileşmektedir. Süreç ortalaması, X, hedef değer T' ye eşit olmadığında süreç merkezden uzaklaşmaktadır. Sürecin merkezden uzaklaşması standart sapma veya sigma ile ölçülmektedir (Henderson ve Evans, 2000, s.261-262).

Motorola firmasının uyguladığı Altı Sigma yaklaşımı, iki temel varsayıma dayanmaktadır. Altı Sigma konseptinin ilk varsayımı, ürün ve süreçlerle ilgili tüm parametrelerde meydana gelen değişkenliğin normal istatistiksel dağılım fonksiyonundan ortaya çıktığını kabul etmekte ve spesifikasyon limitlerinin süreç ortalamasından 6 sigma uzakta bulunduğuna dayanmaktadır. Daha ileri bir varsayım, parametrenin ortalama değerinin nominal spesifikasyondan $\pm 1,5$ sigma kadar değiştirilmesidir. Üretilen parçaların ortalama kalite karakteristiklerinin nominal spesifikasyondan 1,5 sigma kadar değiştirilebilmesinin kavramsal olarak incelenmesi kontrol grafikleri ve spesifikasyon limitlerinin aynı diyagramda birlikte değerlendirilmesiyle olabilmektedir (Shina, 2002, s.39-41). Bu değişiklik ile spesifikasyon limitlerinin birisi 7,5 sigma iken, diğer spesifikasyon limiti süreç ortalamasından 6 sigma değil 4,5 sigma uzaklıktadır. Bu normal dağılımın tek tarafına bağlı olarak; milyonda 3,4 hata oranı olarak sonuçlanacaktır (Shina, 2002, s.39; Yang ve El-Haik, 2003, s.40 ; Henderson ve Evans, 2000, s.261-262).

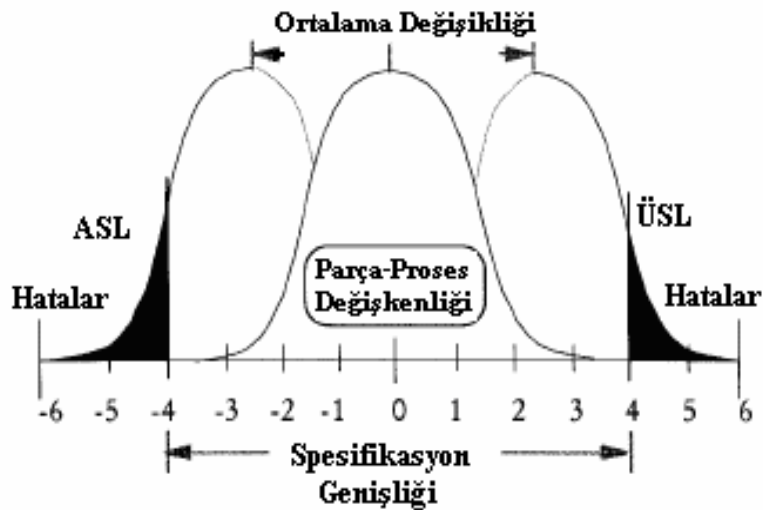


Şekil 1-6: 1,5 Sigma Dönüştürülmüş Normal Dağılım Eğrisi
Kaynak: Yang ve El-Haik, 2003, s.40

Değişikliğin açıklanması uzun dönem süreç sapması olarak kolaylaştırılabilir. Bunun anlamı, ortalama ve varyansların zaman içinde değişebileceği ama Z değişikliğinin çalışılan periyodun uzunluğuna bağlı olarak farklılık göstereceğidir (Hoboken, 2003, s.40).

Değişim 1,5 sigma'da hesaplanmaktadır. Bu sayı gerçek süreç verilerinden elde edilmedikçe standart değer olarak göz önüne alınır. Bu yüzden süreç yeterlilik kısa dönem sigma ile anlatılmaktadır. Zaman içinde süreç dönüşümünün hesaplanmasında uzun dönem performans kısa dönem performansından 1,5 sigma çıkarılarak belirlenmektedir. Bu yüzden eğer süreç altı sigma düzeyinde faaliyet gösteriyor ise alan milyarda 2 olarak değil, 6 sigmadan 1,5 sigma azaltılarak 4,5 sigmaya denk gelen alan milyonda 3,4 olarak hesaplanmalıdır (Brue ve Launsby, 2003, s.77).

Şekil 1-7'de 4 sigma spesifikasyon limitli normal dağılım, dağılımın her iki yanının 2,5 sigma kadar değiştirildiğini göstermektedir. Eğer ortalama değişikliği sola ise spesifikasyonlar, alt spesifikasyon limitinde (ASL) 1,5 sigma üst spesifikasyon limitinde (ÜSL) 6,5 sigma değerinde olacaktır (Shina, 2002, s. 40). ASL' deki hata milyonda 66.810 olarak hesaplanmaktadır. Buna karşın ÜSL' de hata sıfırdır.



Şekil 1-7: 2,5 Sigma Değiştirilmiş Normal Dağılım Eğrisi
Kaynak: (Shina, 2002, s. 40)

Altı Sigma hata oranının milyonda 3,4'den daha az olmasının gerçekleştirilmesi, üretim sürecinin dağılım ortalaması ve standart sapmasına ve ürün dizaynının nominal değerlerine ve spesifikasyon limitlerine bağlıdır. Farklı kalite düzeylerinin kombinasyonu ve süreç dağılımının ortalamasının değişikliğinden kaynaklanan hata oranları Tablo 1-4'de verilmiştir. Hata oranı sonuçlarındaki dağılımın değişikliğinin güçlü etkisi oldukça açıktır (Shina, 2002, s.40).

Tablo 1-4: Dağılımdaki Değişiklikler ve Farklı Kalite Düzeyleri İçin Milyonda Hata Oranları

Cp	$\pm SL$	Değişiklik Yok	$\pm 1\sigma$ Değiştirilmiş	$\pm 1.5\sigma$ Değiştirilmiş	
1.0	$\pm 3\sigma$	2.700 99,73	22.782 97,72	66.810 93,32	Milyonda Hata % Verim
1.33	$\pm 4\sigma$	64 99,9936	1.350 99,87	6.210 99,38	Milyonda Hata % Verim
1.67	$\pm 5\sigma$	0.6 99,99994	32 99,997	233 99,977	Milyonda Hata % Verim
2.0	$\pm 6\sigma$	0.002 99,9999998	0.3 99,99997	3,4 99,99966	Milyonda Hata % Verim

Kaynak: (Shina, 2002, s. 41)

Tablo 1-4'e bakıldığında; dağılım ortalamasının 1,5 sigmadan 1 sigmaya azalmasının, ± 5 sigma spesifikasyon limiti tasarımı ile hataların 233'den 32'ye azalmasına olanak verdiği görülmektedir. 3 ile 4 sigma kalite düzeyi arasında faaliyet gösteren bir işletmede milyonda hata sayıları 66.810'dan 6.210'a değişim göstermektedir.

Tablo 1-5: Sürecin Merkezden Uzaklığı ve Kalite Düzeyleri İçin Gerçekleşen Hata Sayıları

Merkezden uzaklık	Sigma/ Kalite Düzeyi						
	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
0	2.700	465	63	6,8	0,57	0,034	0,002
0,25 sigma	3.577	666	99	12,8	1,02	0,1056	0,0063
0,5 sigma	6.440	1.382	236	32	3,4	0,71	0,019
0,75 sigma	12.288	3.011	665	88,5	11	1,02	0,1
1,0 sigma	22.832	6.433	1.350	233	32	3,4	0,39
1,25 sigma	40.111	12.201	3.000	577	88,5	10,7	1
1,5 sigma	66.810	22.800	6.210	1.350	233	32	3,4
1,75 sigma	105.601	40.100	12.200	3.000	577	88,4	11
2,0 sigma	158.700	66.800	22.800	6.200	1.300	233	32

Kaynak:(Henderson ve Evans, 2000,s.261-262)

Tablo 1-5; sürecin hata sayısının veya değerinin sürecin merkezden uzaklığının (0 veya 1,5 sigma) ve sürecin sigma değerinin (kalite düzeyinin) bir fonksiyonu olduğunu göstermektedir. Merkezden uzaklaşma değeri 0 sigma olduğunda yani süreç merkezleştğinde hata sayısı sürecin kalite düzeyinin gerçek değeridir (Henderson ve Evans, 2000,s.261-262).

Ortalama değer ürünün ideal spesifikasyonu olduğu durumda firmaların ürün üretiminde ortalamadan doğal değişiklikler ile tek aşamalı süreç kullandığını düşünelim. Tasarım spesifikasyonları bu ideal ortalama değerden ± 4 sigmaya izin vereceğini düşünürsek ürünlerin yaklaşık % 99,9937'si ortalama etrafında ± 4 sigma aralığı içinde yer alacaktır. Bu % 0,0063 bu aralığın dışında kalacaktır. Bu tanımlanan aralığın (alt ve üst spesifikasyon limitlerinin) dışında kalan milyon olasılıkta 63 hataya çevrilir. Milyon üretim başına 63 hatalı parça çok büyük hata olarak görülmeyebilir. Ama sürecin doğal değişkenliğine ek olarak; ortalama değer kendisinin $\pm 1,5$ sigma değişimine yatkın olduğu bulunmuştur (Behara vd. ,1995, s.10).

Tek aşamalı bir süreç için ürünlerin % 99,379'u ± 4 sigma aralığı içinde yer alacaktır. Bu; % 0,621'i veya milyon olasılıkta 6.210 parçayı spesifikasyon limitlerinin dışında bırakacaktır. Bu alan önemli ölçüde azaltılmıştır.

Bu tartışma tek aşamalı üretim sürecine dayanmaktadır. Uygulamada üretim birçok parçadan oluşan ürünler ve çok aşamalı süreçlerle gerçekleşir. Tüm süreçteki her bölüm ve ürünün her parçası yukarıda tanımlanan hata düzeylerine tabidir. Tüm alanı anlamada her bir parça veya aşama için istatistiksel olarak bağımsız alanlar çarpılarak bulunmuştur. Her bir aşamanın ± 4 standart sapma tasarım spesifikasyon aralığında olduğu 100 aşamalı bir süreç düşünelim. Tüm ürünün % 53,64'ü spesifikasyon limitleri arasında olacaktır. Bu % 46,36'nın limitlerin dışında kalmasına müsaade etmektedir veya milyon üretim başına 463.000 hatalı parçaya izin vermektedir. Birçok firma ± 4 standart sapma spesifikasyonuna ulaşmak için üç standart sapma sürecini kullanmaktadır. Spesifikasyonlar ± 6 standart sapmaya ayarlandığında sıfır hata ile sonuçlanır. Süreç ortalaması değiştirildiğinde bu doğrudur (Behara vd. ,1995, s.10). Çok aşamalı süreçler ile tüm ürünler için farklı sigma düzeyleri Tablo 1-6'da gösterilmiştir.

Tablo 1-6: 1,5 Standart Sapma Değiştirilmiş Dağılım

Bölümlerin/Parçaların Sayısı	± 3 Sigma (%)	± 4 Sigma (%)	± 5 Sigma (%)	± 6 Sigma (%)
1	93,32	99,379	99,9767	99,99966
10	50,08	93,96	99,768	99,9966
100	0,10	53,64	97,7	99,966
1000	0,0	0,20	79,24	99,661

Kaynak: Behara vd. ,1995, s.11

Eğer tasarım sürecin ± 6 standart sapma değişkenliğini kabul edebiliyorsa ürünlerin %99,99966'sı spesifikasyon limitleri arasında olacaktır veya milyon olasılıkta 3,4'ten fazla hatalı parça olmayacaktır. Bu tek aşamalı süreçler için doğrudur. Bir ürün imalat sürecinde 100 aşama varsa, milyonda 3.390 hatalı birim olacaktır. Tablo 1-7 herhangi bir hata düzeyi için ilgili sigma düzeyi olduğunu göstermektedir. Bu değerler tek aşamalı süreçler içindir (Behara vd. ,1995, s.11).

Tablo 1-7: Sigma Düzeyleri ve Milyon Olasılıktaki Hata Sayısı

Milyon Olasılıktaki Hata Sayısı	İlgili Sigma Düzeyi
66.810	3,0
22.750	3,5
6.210	4,0
1.350	4,5
233	5,0
32	5,5
3,4	6,0

Kaynak: Behara vd. ,1995, s. 12

Standart sapma olarak 1,5 sigmanın kullanılması tüm süreçler için kalite iyileştirmede güçlü avantajlar sağlar. Süreçlerdeki değişkenliğin kaynağını etkisiz hale getirerek robust ürün ve hizmet tasarımları yapılmasına olanak tanır. Tablo 1-8; milyon olasıdaki hata sayısına ilişkin sigma değişiminin ne anlama geldiğini göstermektedir (Harry ve Schroeder, 2000, s. 145).

Tablo 1-8: Ortalamadaki 1,5 σ Değişiklikten Önce ve Sonraki Durumda Sigma Kalite Düzeyleri ve Milyonda Hata Sayıları

ORTALAMADAKİ 1,5 σ DEĞİŞİKLİKTEN ÖNCE VE SONRA SİGMA KALİTE DÜZEYLERİ		
Milyon Olasılıktaki Hata Oranları (MOHS)		
SİGMA DÜZEYLERİ	DEĞİŞİKLİK OLMADAN	1,5 σ DEĞİŞİKLİK İLE
1	317.400	697.700
2	45.400	308.537
3	2.700	66.810
4	63	6.210
5	0,57	233
6	0,002	3,4

Kaynak: Harry ve Schroeder, 2000, s. 145

Tablo 1-8'de görüldüğü gibi, sigma seviyesinin artması, aynı zamanda hata olasılığının göstergesi olan milyonda olası hata adedi değerlerinin düşmesi anlamına

gelmektedir. Burada milyonda olası hata değeri milyon tane ürün üretirken geri planda tamir edilen ya da tamir edilmeyip hurdaya atılan tüm hataları içermektedir. Buradaki hata kavramı, son üründe oluşan hata değil üretim sürecinin her bir aşamasında oluşan hata toplamıdır.

Örneğin süreçlerinde 2 sigma seviyesinde yeterliliğe sahip olan bir işletme, bir milyon adetlik üretim yapmak için toplam 308.537 adet hata ile uğraşmak durumundadır. Altı Sigma seviyesinde çalışan bir işletme ise, milyon adet üretim yapıldığında sadece 3,4 adet hata üretmektedir. Sigma seviyesi ve hata oranları arasındaki ilişki daha dikkatli incelendiğinde sigma seviyeleri ile hata oranları arasındaki ilişkinin doğrusal değil parabolik olduğu görülecektir. Örneğin 2 sigma'dan 3 sigma'ya çıkmak için hata oranlarının yaklaşık 5 kat iyileştirilmesi gerekirken; 3 sigma'dan 4 sigma'ya çıkmak için yaklaşık 11 kat, 4 sigma'dan 5 sigma'ya çıkmak için yaklaşık 26 kat, 5 sigma'dan 6 sigma'ya çıkmak için ise yaklaşık 68 kat iyileştirme yapmak gereklidir (Polat vd. , 2005, s.30-31).

İKİNCİ BÖLÜM

ALTI SİGMA METODOLOJİSİNİN UYGULAMA SÜRECİ

2.1. Altı Sigma Süreci

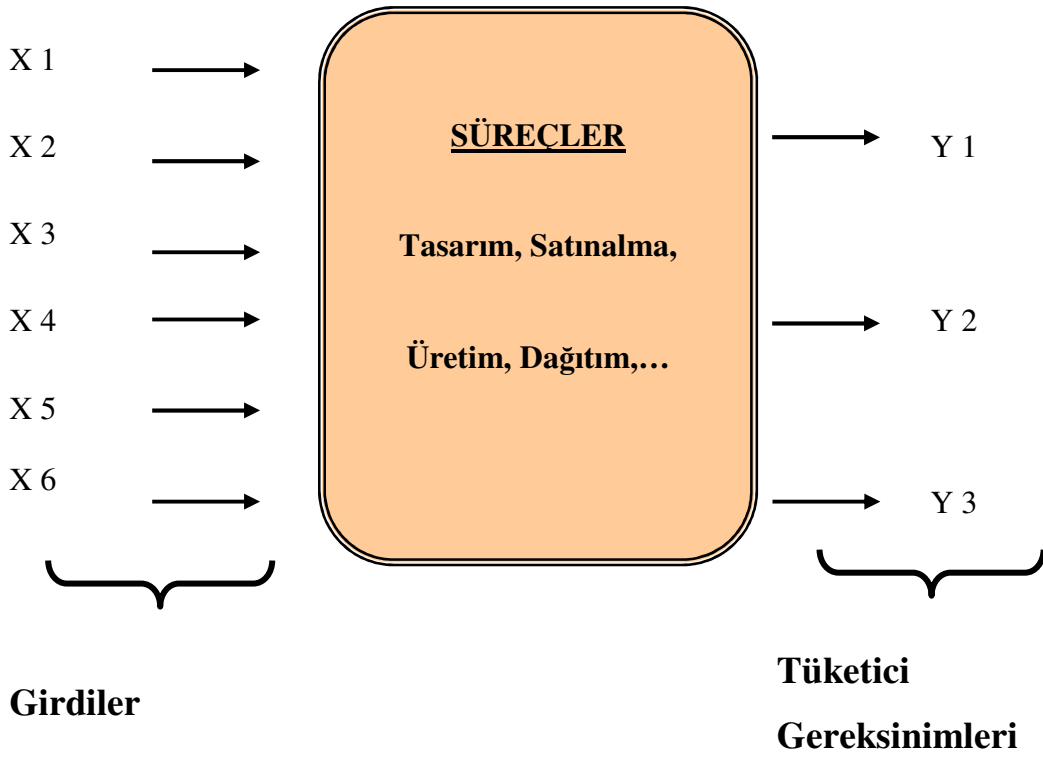
Altı Sigma metodolojisi ile ulaşılmak istenen, süreç kalitesindeki yetersizliklerin iyileştirilmesidir. Dolayısıyla süreçleri mükemmelliğe taşıyacak yöntem, süreçlerin geleneksel yöntemlerden farklı araçlar yardımı ile yönetilebilmesidir. Altı Sigma süreç bazlı yönetiminin temeli, süreç çıktılarının süreç girdileri ile ifade edilebilmesine dayanmaktadır. Süreç yönetiminde, sürecin çıktısını oluşturan süreç girdi değişkenlerinin süreç çıktı değişkenlerine olan etkisi istatistiksel araçlar yardımı ile matematiksel olarak modellenmeye çalışılır. Bu modeller her zaman için yüzde yüz doğru olmasalar da süreci daha iyi yönetmek için faydalı olabilecek modellerdir (Polat vd., 2005 , s.28).

Şekil 2-1'deki girdi ve süreç akışında görülen X' ler, sistemin başlangıç bölümlerindeki değişimin ya da performansın göstergeleridir. Sağdaki Y' ler ise işin performansı ile ilgili ölçümleri temsil etmektedir. $Y = f(X)$ (Y, X' in bir fonksiyonudur) demek, sistemin girdileri ve süreçlerindeki farklılıklar ya da değişkenlerin nasıl bir sonuç ile karşılaşılabilceğini büyük ölçüde belirlediğini söylemenin matematiksel yoludur.

Kapalı çevrimli iş sistemlerinde;

1. İş sürecindeki ve girdilerdeki X'lerden ya da değişkenlerden hangilerinin, Y'ler ya da sonuçlar üzerinde en büyük etkiye sahip olduğunu anlamak

2. İşle ilgili düzenlemeleri yapmak ve onun karlılığını sürdürmek için, sürecin toplam performansındaki değişimlerden (Y'ler ve diğer dış etkenlerden) yararlanmak büyük önem taşımaktadır (Pande vd., 2004, s.52).



$$Y = f(x) \begin{cases} Y1 = f (X1,X2,X3) \\ Y2 = f (X3,X4,X5) \\ Y3 = f (X1,X5,X6) \end{cases}$$

Şekil 2-1: Süreç Yönetimi
Kaynak: Polat vd., 2005, s.29

Süreçteki Y'ler; stratejik hedef, müşteri gereksinimleri, kazanç, müşteri memnuniyeti ve toplam iş verimliliği gibi farklı anlamları ifade ederken; X'ler ise stratejik hedeflere ulaşabilmek için gerekli faaliyetler, yapılan işin kalitesi, müşteri memnuniyetini belirleyen ana etmenler, personel, çevrim zamanı ve kullanılan teknoloji gibi süreç değişkenlerini ve sürece katılan girdilerin kalitesini simgelemektedir (Pande vd., 2004, s.52).

Müşteri gereksinimlerini ve dolayısıyla beklentilerini en iyi şekilde karşılayabilmek için bu girdiler ile çıktılar arasında sürecin yarattığı ilişkinin doğru biçimde belirlenmesi gereklidir. Bunu gerçekleştirebilmenin yolu, süreç yönetiminden geçmektedir. Dolayısıyla çıktıları oluşturan süreç iyi tanımlanmalı ve ilişkiler doğru olarak belirlenmelidir (Polat vd., 2005, s.29).

2.2. Toplam Süreç Verimliliği Ölçüleri

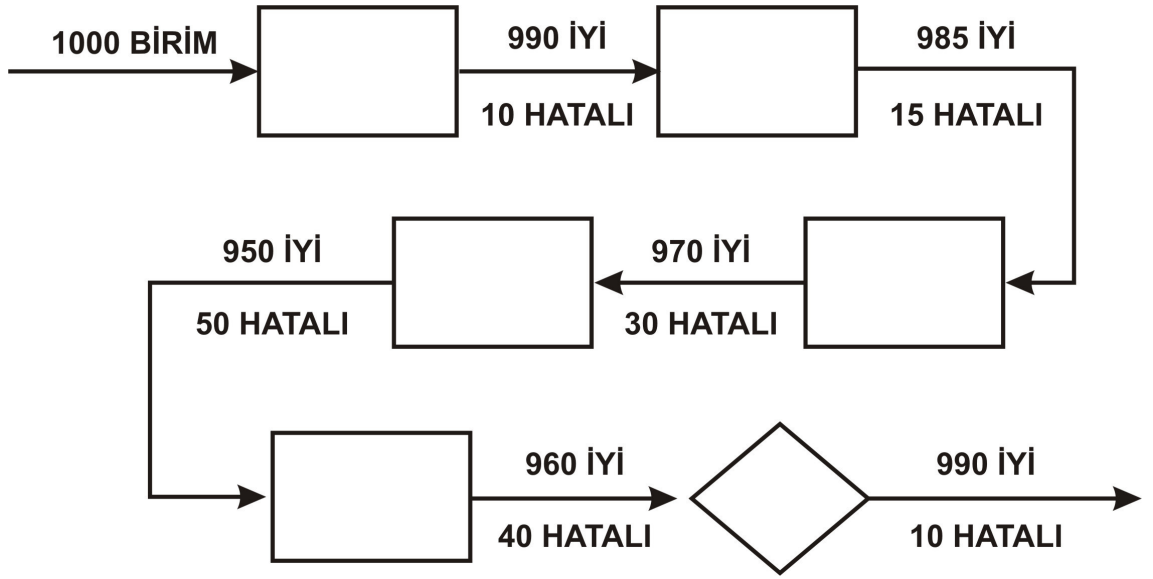
Altı Sigma'nın asıl amacı, ürün kalitesi yerine süreç kalitesinin artırılmasıdır. Süreç kalitesinin artırılmasına dayalı işletme hedeflerinin geliştirilmesi durumunda;

- Birim başına düşen çevrim süreleri azalacak,
- Hata sayıları azalacak ve hatalar önceden tespit edilebilecek,
- Makine kullanım kapasiteleri arttırılacak,

Süreç kalitesini hesaplamak için toplam süreç verimliliği endeksi hesaplanmaktadır. Altı adımdan oluşan bir üretim sürecinde ilk beş adım üretim, altıncı adım ise bitmiş ürünün kontrol edildiği son testtir. Her süreç adımında hatalı parçalar oluşmakta ve bunlar tamir edilmektedir. Örneğin birinci adımda 1000 tane kesilen parçadan 10 tanesi, ikinci adımda ise 1000 tane preslenen parçadan 15 tanesi hatalı çıkmakta ve tamir edilmektedir. Böyle bir sürecin çıktısı sorulduğunda beklenen yanıt % 99'dur. Ancak bu % 99 oranı son testteki hata oranından hesaplanan bir değer olacak ve ara adımlarda yapılan tamirler hakkında hiçbir bilgi vermeyecektir.

Sürecin tüm adımlarındaki hata oranlarını da dikkate alarak toplam süreç verimliliği hesaplamak gerekmektedir. Bu durumda toplam süreç verimliliği, bir seferinde ara adımlarda hiçbir hata olmaksızın ürün üretme olasılığını verecektir. Toplam süreç verimliliği tüm adımlardaki doğru parça üretme olasılıklarının çarpılmasıyla elde edilmektedir.

Tablo 2-1: Toplam Süreç Verimliliği



Kaynak: Polat v.d., 2005, s.36

Toplam Süreç Verimliliği = $0,99 \times 0,985 \times 0,97 \times 0,95 \times 0,96 \times 0,99 = \% 85,4$

% 85'lik toplam süreç verimliliği oranı, her 100 ürünün yalnızca 85'inde hatasız üretim gerçekleşeceğini göstermektedir (Polat vd., 2005, s.36-37; Harry ve Schroeder, 2000, s.87).

2.3. Altı Sigma Yol Haritası

Altı Sigma sisteminin oluşturulması ve iyileştirilmesinde kullanılan yol haritasının adımları (Pande vd., 2004, s.100-107);

- Temel süreçlerin ve kilit müşterilerin belirlenmesi,
- Müşteri gereksinimlerinin tanımlanması,
- Mevcut performansın ölçülmesi,
- İyileştirmelerin öncelik sırasına konulması, analiz edilmesi ve uygulanması,
- Altı Sigma sisteminin yayılması ve entegre edilmesidir.

1. Adım Temel Süreçlerin ve Kilit Müşterilerin Belirlenmesi

Bu kapsamlı envanter çalışmasının amacı, kuruluş hakkında bir bütün olarak yeni ve daha belirgin bir tablo ortaya koymaktır. İşletmedeki en kritik çalışmaların daha iyi bir şekilde görülmesi ve müşterilerle nasıl bir etkileşim içinde bulunduğunu gösteren net büyük resmin ortaya çıkarılması hedeflenmektedir. Firma için önemli olan süreçler, müşterilere sunulan ürün ve hizmetler hakkında bilgi sahibi olunmaktadır.

2. Adım Müşteri Gereksinimlerinin Tanımlanması

Altı Sigma çalışmalarına başladıktan sonra işletme yöneticilerinin keşfettiği nokta, müşterilerin istek ve gereksinimlerinin yeterince anlaşılmamış olduğudur. İşletmelerin ihtiyaç duyduğu müşterilere ilişkin girdileri belirlemek Altı Sigma yaklaşımının en zor aşamalarından birisidir. Bu adımda hedeflenen, müşterinin tatmin düzeyini belirlemek ve müşteri memnuniyetini sağlamak için stratejiler geliştirmektir.

Mevcut rekabet ortamında müşteri taleplerini tahmin etmek ve müşterilerin gerçekten ne istediğini anlamaya çalışmak büyük önem taşımaktadır. Müşterilerinin gereksinimleri konusunda titiz davranan ve bu gereksinimlere önem veren işletmeler iş hayatında başarılı olacaktır.

3. Adım Mevcut Performansın Ölçülmesi

Müşteri istekleri belirlendikten sonra bu isteklerin nasıl karşılandığı ve gelecekte nasıl karşılanacağı ile ilgilenmek gereklidir. Müşteriye odaklanan performans ölçümleri, daha etkili ölçüm sistemlerinin kurulabilmesi için ön koşuldur. Mevcut performansın ölçülmesinin yararları;

- ❖ Bir ölçüm altyapısının oluşturulması,
- ❖ Önceliklerin belirlenmesi ve kaynaklara odaklanması,
- ❖ En iyi iyileştirme stratejilerinin seçilmesidir.

Üretim sürecindeki her bir aşamanın tam olarak değerlendirilmesi ve sürecin çıktılarının ve süreç özelliklerinin ölçülebileceği bir sistem oluşturulması hedeflenmektedir.

4. Adım İyileştirmelerin Öncelik Sırasına Konulması Analiz Edilmesi ve Uygulanması

Altı Sigma sisteminde başarılı olmanın temel noktası, işletme için öncelikli olan iyileştirme alanlarının seçilebilmesidir. Uygulanacak iyileştirme çalışmaları, hataları ortadan kaldırmak, süreç verimliliğini ve kapasitesini arttırmak için en iyi teknikleri kullanması bakımından önemlidir.

5. Adım Altı Sigma Sisteminin Yayılması ve Entegre Edilmesi

Bu adım işletmenin uzun vadedeki Altı Sigma vizyonuna ulaştığı aşamadır. Süreç iyileştirmenin sürekliliğini sağlamak amacıyla gerekli plan, program ve prosedürlerin belirlendiği adımdır.

Altı Sigma yol haritasının yararları (Pande vd., 2004, s.99);

- ❖ Bir işletmenin, süreçler ve müşterilerin iç içe geçmiş olduğu bir sistem olduğunu daha iyi anlamak,
- ❖ Altı Sigma iyileştirmelerinden olabilecek en iyi biçimde yararlanmak için daha doğru kararlar almak ve kaynakları daha verimli kullanmak,
- ❖ Daha sağlıklı ön bilgi ve daha iyi proje seçimi sayesinde iyileştirmelerin çevrim sürelerinin kısaltılması,
- ❖ Altı Sigma'dan elde edilen kazançların somut olarak görülmesi,
- ❖ Değişimi destekleyecek ve sonuçları sürekli kılacak güçlü bir altyapı oluşturmaktır.

2.4. Altı Sigma Uygulama Stratejileri

Sanders ve Hild (2000)'e göre; Altı Sigma kullanımının üç genel stratejisi vardır:

- (1) Altı Sigma organizasyonu,
- (2) Altı Sigma mühendislik organizasyonu,
- (3) Stratejik olarak seçilmiş projeler ve bireyler.

İlk strateji olan “Altı Sigma organizasyonu” stratejisi, Altı Sigma'nın uygulamasında yer alan temel kavramlarda, araçlarda ve tüm alanlarda tüm bireylerin eğitilmesi metodolojisini kullanmaktadır. Bu metodu kullanarak, bir organizasyonda yüksek bir bilinç düzeyi oluşturulabilmekte ve ortak bir dil ve sorun çözme yaklaşımı benimsenebilmektedir.

“Altı Sigma mühendislik organizasyonu” stratejisi ise, firmanın tasarım ve üretim mühendisliği bölümleri içinde eğitim ve geliştirme üzerine odaklanmaktadır. Bu durumda, kaynaklara daha fazla odaklanılmakta ve proje uygulamalarına önem verilmektedir.

Üçüncü kategori olan “stratejik seçim” stratejisi, stratejik olarak seçilmiş çalışanların gelişimi ile ilgilidir. Bu bireylere, tesis veya organizasyon açısından kritik öneme sahip gereksinimler ve karmaşık projeler verilmektedir. Burada, önceki iki stratejiye kıyasla eğitimde büyük bir esneklik vardır. Eğitimler proje odaklarının gerektirdiği şekilde sağlanır (Ingle ve Roe,2001,s.275; Sitnikov, 2002, s.7).

2.5. Altı Sigma Projelerinin Seçimi

Proje seçimi farklı işletmelerde farklı şekillerde yapılmaktadır. Bazı Altı Sigma projelerinin genel amacı, müşteri memnuniyeti ve karlılığı arttırmak iken bazı projeler endüstriyel süreçlere, bazı projeler ise ticari süreçlere odaklanmaktadır. Altı Sigma projeleri, işletmenin verimliliğini arttırmak için seçilen projeler olup, işletmenin üst

düzy stratejileri ve spesifik işletme amaçları ile doğrudan ilgili olmalıdır (Harry ve Schroeder, 2000, s.239).

Harry ve Schroeder (2000)'e göre Altı Sigma çabasının seçimine kılavuzluk eden birkaç unsura işaret ederler.

- Birinci unsur, proje maliyet tasarruflarına odaklanmaktır.
- İkinci unsur, çiktılara odaklanmaktır. Amaç, şirketin genel stratejisi için önemli olan ve başlıca bir müşteri memnuniyetsizlik kaynağı olan ürün özelliklerini belirlemektir. Özel nitelikler üzerinde yoğunlaşma organizasyonun faaliyetlerini geliştirmelerine yardımcı olabilir.
- Üçüncü ve büyük ihtimalle en fazla kullanılan unsur, sürece odaklanmaktır. Çok uluslu bir işletme bir fabrikada bir iyileştirme yaptığında, bu iyileştirme işletme bünyesindeki dünya üzerinde bulunan diğer fabrikalara kolayca transfer edilebilir.
- En son unsur problemler üzerinde odaklanmadır (Haikonen vd, 2004, s.371).

Altı Sigma iyileştirme projelerinin amacı, istenmeyen bir olgunun temel nedenlerini tanımlamak ve gidermektir. Sorun, belirli bir nedenin nasıl tanımlanacağıdır. Temel neden tanımlandığında, sürecin tamamına yoğunlaşmak yerine bu özel neden üzerinde yoğunlaşmak ve onu gidermeye çalışmak daha faydalıdır (Haikonen vd, 2004, s.371). TÖAİK metodu, Altı Sigma süreç iyileştirme projelerine rehberlik etmede kullanılmaktadır. Ancak TÖAİK proje planlama metodu değildir (Pyzdek, 2000, s.1).

Altı Sigma TÖAİK projeleri var olan süreçlerin çerçevesinde çalışmaktadır. Amaç, işletmelerin faaliyetlerini etkili ve dikkatli bir şekilde gerçekleştirmesine yardımcı olmaktır. Altı Sigma iyileştirme projeleri; genellikle ürün veya hizmetlerin tasarımlarının aslında doğru ve en ekonomik olduğunu, müşteri ihtiyaçlarının bu tasarımla tatmin edildiğini ve mevcut ürün/süreç yapılandırmasının pazarın ve müşterinin fonksiyonel gereksinimlerini tatmin ettiğini varsaymaktadır (Banuelas ve Antony, 2003, s.335).

2.5.1. Proje Seçiminde Dikkat Edilecek Unsurlar

Altı sigma proje-yoğun bir yaklaşımdır. Altı sigma projeleri, genel olarak kalite, maliyet ve zaman gibi potansiyel iyileştirmenin üç farklı alanına hitap etmektedir (Pyzdek, 2000, s.1) . Altı Sigma projeleri, uygun kararları almada gerekli verilerin tanımlanması, toplanması ve birleştirilmesini kullanmaktadır (Keller, 2004, s.14). Projeler maliyet veya kalite iyileştirmeye odaklanarak seçilmektedirler. Üst yönetim tarafından seçilen projelerin, işletmenin amaçlarıyla yakından bağlantılı olmasına dikkat edilmelidir (Ingle, ve Roe, 2001, s.6).

Her bir proje işletmenin rekabetçi üstünlüğünün, karlılığının, süreç çevrim zamanının iyileştirmesine yardımcı olacak şekilde seçilmelidir. Projeler seçildikten sonra, her bir projenin kapsamı ve sınırlarının doğru tanımlanması oldukça önemlidir.

Ayrıca projenin amaç veya hedefi müşterinin kritik kalite gereksinimlerini yansıtmalıdır (Coronado ve Antony, 2002, s.98).

Zinkgraf and Snee (1999); Altı Sigma projesinin seçiminde dört ana unsuru ortaya koymaktadır. İlk olarak, proje seçimi, stratejik planlar ve bir yıllık ticari operasyonlar planı kullanarak “Büyük Resmin” netleştirilmesi ile başlar. İkinci olarak, fabrikanın verimlilik temelini belirlemesine ihtiyaç vardır. Üçüncü olarak, projelerin müşteri değerine, gerekli kaynaklara ve programa dayalı olarak öncelik sırasında konması gerekir. Son olarak, liderlik desteğine sahip temel projelerin seçilmesi gerekmektedir (Haikonen vd., 2004, s.371).

Snee (1999)’a göre; iyileştirme süreçlerinin etkin ve başarılı yönetimi beş unsurdan oluşmaktadır. İlk olarak, iyileştirme çabalarının stratejisi ve amaçlarının açıkça tanımlanması gerekmektedir. İkinci olarak, doğru projeler ve insanların seçilmesi gerekir. Üçüncü olarak, makul bağlılığın sağlanması için iyileştirme faaliyetlerinin yönü, potansiyel faydaları ve sonuçlarının ilgili herkese bildirilmesi gerekir. Dördüncü olarak kaynaklar yani insanlar, zaman ve paranın açıkça tahsis edilmesi lazımdır. Son olarak, istenilen iyileşme alternatifleri ve istenilen davranışların tanınması ve

güçlendirilmesi gerekir. Buna yönetim ve iyileştirme faaliyetlerinden sorumlu insanlar arasında periyodik proje gözden geçirmeleri dahildir (Haikonen vd., 2004, s.371).

Uygulama faydalarını maksimize etmek için seçilen Altı Sigma projelerinin dikkatle gözden geçirilmesi ve planlanması gerekmektedir. Projenin yapılabilir, organizasyonel ve finansal olarak faydalı ve müşteri odaklı olması gerekmektedir. Müşteri ihtiyaçlarını içine alacak şekilde açık önlemler ve ölçüm değerleri seti olmalıdır. Projenin durumunu, Altı Sigma araçlarının performansını ve uygulanmakta olan teknikleri değerlendirmek için projenin periyodik olarak gözden geçirilmesi gerekir. Projenin, proje kısıtlamalarını, yani maliyet, program ve kapsamı izlemek üzere iyice belgelendirilmesi lazımdır. Ayrıca önceki projelerin ana noktalarını yakalamak için çıkan sonuçların değerlendirileceği bir mekanizma olmalıdır (Kwak ve Anbari, 2004, s.5).

Altı Sigma projeleri, işletme politikaları ve amaçları doğrultusunda başlayıp son bulur. Projenin seçimi ve izlenmesinde, işletmeye sonunda kazandırdığı faydanın maksimize olmasına odaklanılmaktadır. Altı Sigma projelerinin başarısı finansal düzeyde ölçülmektedir (Gack ve Robison, 2003, s.6). Her bir Altı Sigma projesi, konumlandırılan proje ile ilgili olarak maliyetlerin tahminini içermektedir. Maliyetler emek, hammadde ve kayıp üretim zamanını içermekte ve muhasebe departmanı tarafından hesaplanmaktadır (Keller, 2004, s.13). Müşteri gereksinimleri değerlendirildiğinde, müşteri ihtiyaçlarının işletme içi tahminleri gerçek tüketici ihtiyaçları ile değiştirilmelidir. Maliyet tasarrufları ve müşteri ilişkilerinin iyileştirilmesi bu ihtiyaçların doğru şekilde anlaşılması ile gerçekleşmektedir (Keller, 2004, s.37).

Doğru seçilmiş ve iyi tanımlanmış projeler daha iyi ve daha hızlı sonuçlara ulaşılmasını sağlamaktadır. Proje seçiminde dikkate alınacak esaslar (Pande vd., 2004, s.171-173);

- Projelerin uygun sayıda olması,
- Proje kapsamının doğru saptanması,
- Verimliliğe ve müşteriye faydaya odaklanmadır.

Altı sigma metodolojisi ile başarılı sonuçların elde edilmesinin yolu Altı Sigma projelerinden geçmektedir. Uygun olduğu belirlenen Altı Sigma projeleri şu kriterlere sahip olmalıdır (Pyzdek, 2004, s.1);

- Proje değişkenleri açık ve net bir şekilde belirlenmiş olmalıdır.
- Projeler yönetim tarafından onaylanmış olmalıdır.
- Yönetilemeyecek kadar büyük veya ilgi çekmeyecek kadar küçük ve önemsiz projeler seçilmemelidir.
- Projeler direkt olarak organizasyon amacıyla ilgili olmalıdır.

2.5.2.Proje Seçiminde Kullanılan Ölçütler

Kötü bir şekilde seçilmiş ve tanımlanmış projeler, sonuçların gecikmesine ve başarısızlıklara neden olacaktır. Proje seçiminde en iyi yöntem, işletmenin gereksinimlerine, kapasitesine ve hedeflerine en uygun projeyi saptamaktır. Aşağıdaki üç genel ölçüt proje seçiminde kullanılabilir (Pande vd, 2004, s. 181-182);

Sonuçlar ya da İş Kazası Ölçütleri;

1. Dış müşteriler ve gereksinimler üzerindeki etkiler: “Müşteri ve diğer önemli hissedarlar açısından projenin sağlayacağı kazanç veya taşıdığı önem derecesi nedir?” sorusu sorulur.
2. İş stratejisi ve rekabet gücündeki etki: “İş vizyonunun netleştirilmesinde, pazar stratejisinin vurgulamasında veya rekabet gücünü arttırmada bu projenin nasıl bir katkısı olacak?” sorusu sorulur
3. Temel beceriler üzerindeki etki: “Proje, işletmenin temel beceriler konusundaki eksikliklerini ve kapasitesini ne yönde etkileyecek?” sorusu sorulur.
4. Mali etkiler: “Kısa ve uzun vadedeki parasal kazancın boyutu ne olabilir ne ölçüde isabetli tahmin edilebilir ?” sorusu sorulur.
5. Aciliyet: Sorunun ele alınması veya fırsatın değerlendirilmesi için ne kadar süreye sahip olduğu saptanmaya çalışılır.

6. Eğilim: Sorunun zaman içinde artış gösterip göstermediğine bakılır. “Bir şey yapılmadığı takdirde ne olabilir?” sorusu sorulur.

7. Sıralama veya Bağımlılık: Olası diğer proje veya fırsatların öncelikle dikkate alınan proje fikrinin uygulanmasını gerektirip gerektirmediği sorulur.

Yapılabilirlik Ölçütleri;

1. Gereken kaynaklar: Projede kaç kişinin görev alacağı, proje için ne kadar zaman ve para harcanacağı sorulur.

2. Sahip olunan uzmanlık: Proje için ne tür bilgiler veya teknik beceri gerekeceği sorulur.

3. Karmaşıklık: “İyileştirme aşamasında çözümü uygularken karşılaşılabilecek güçlükler nedir?” sorusu sorulur.

4. Destek veya kabul: Projenin uygulanabilmesi için işletme içindeki önemli gruplardan ne kadar destek görülebileceği sorulur.

5. Başarı Olasılığı: Projenin başarıya ulaşma olasılığının ne olacağı tahminlenmeye çalışılır.

Kurumsal Etki Ölçütleri;

1. Öğrenme kazançları: Projenin gerçekleştirilmesiyle iş süreçleri ve Altı Sigma sistemi hakkında ne tür bilgiler elde edilebileceği sorulur.

2. Departmanlar arası kazançlar: Projenin işletme bünyesindeki bölümler arasındaki engelleri ortadan kaldırmada ve daha kapsamlı bir süreç yönetimi oluşturmada ne kadar katkısının olacağı sorulur.

2.5.3. Altı Sigma Projelerinin Yararları

Altı sigma projelerinin yararları finansal, organizasyonel, operasyonel yararlar olmak üzere üç başlık altında toplanmaktadır (Waxer, 2006).

Altı Sigma Projelerinin Finansal Yararları

- Ek / yeni gelirler yaratmak
- Maliyet tasarrufları yaratmak
- Daha hızlı yatırım geri dönüş oranı
- Nakit akışının artması
- Var olan ürün ve hizmetlerin karlılığının artması
- Var olan kaynak gelirlerinin artması
- Hisse senedi fiyatının artması
- Üretim maliyetlerinin azalması
- Hizmet maliyetlerinin azalması

Altı Sigma Projelerinin Organizasyonel Yararları

- Firma itibarını arttırmak
- Yeni müşteri fırsatları yaratmak
- Firmanın vizyonu ve misyonunu güçlendirmek
- Rakiplere karşı Pazar / piyasa durumunu güçlendirmek
- Müşteriye hizmet etme yeteneğini geliştirmek

Altı Sigma projelerinin operasyonel yararları

- Değer katmayan aktivitelerin elimine edilmesi
- Takım ruhunun geliştirilmesi ve çalışan moralinin iyileştirilmesi
- Departman ve gruplar arasında iç iletişimin sağlanması
- Çalışma alanı kullanımını arttırmak
- Çalışan ve süreç verimliliğini arttırmak
- Çevrim zamanını azaltmak
- Üretim ve sürecin çevrim zamanını azaltmak
- İş akışını ve süreç basamaklarını basitleştirmek.

2.6. Altı Sigma Organizasyonu

Altı Sigma'nın başarısı çalışanların oynayacağı rolün çok iyi belirlenmesine bağlıdır. Takımda görev yapan herkesin açıkça tanımlanmış bir görevi vardır. Ayrıca bu görev tanımları içerisinde işte başarılı olamamanın sonuçları ve başarının sağlayacağı ödüller de yer alır. Takımın başarısında bu tanımların rolü büyüktür (Baş, 2001, s.23).

Yönetici bilinçlendirme eğitimini alan yöneticiler, üst yönetim kararı olarak, Altı Sigma metodolojisinin etkin olarak kullanılacağı iş süreçlerini belirler. Bu aşamadan sonra, firma içinde Altı Sigma uygulamalarını yönetecek ve yürütecek organizasyonel planlamalar, projedeki çalışanların görev ve sorumlulukları tanımlanmak suretiyle gerçekleştirilir (Polat vd, 2005, s.63).

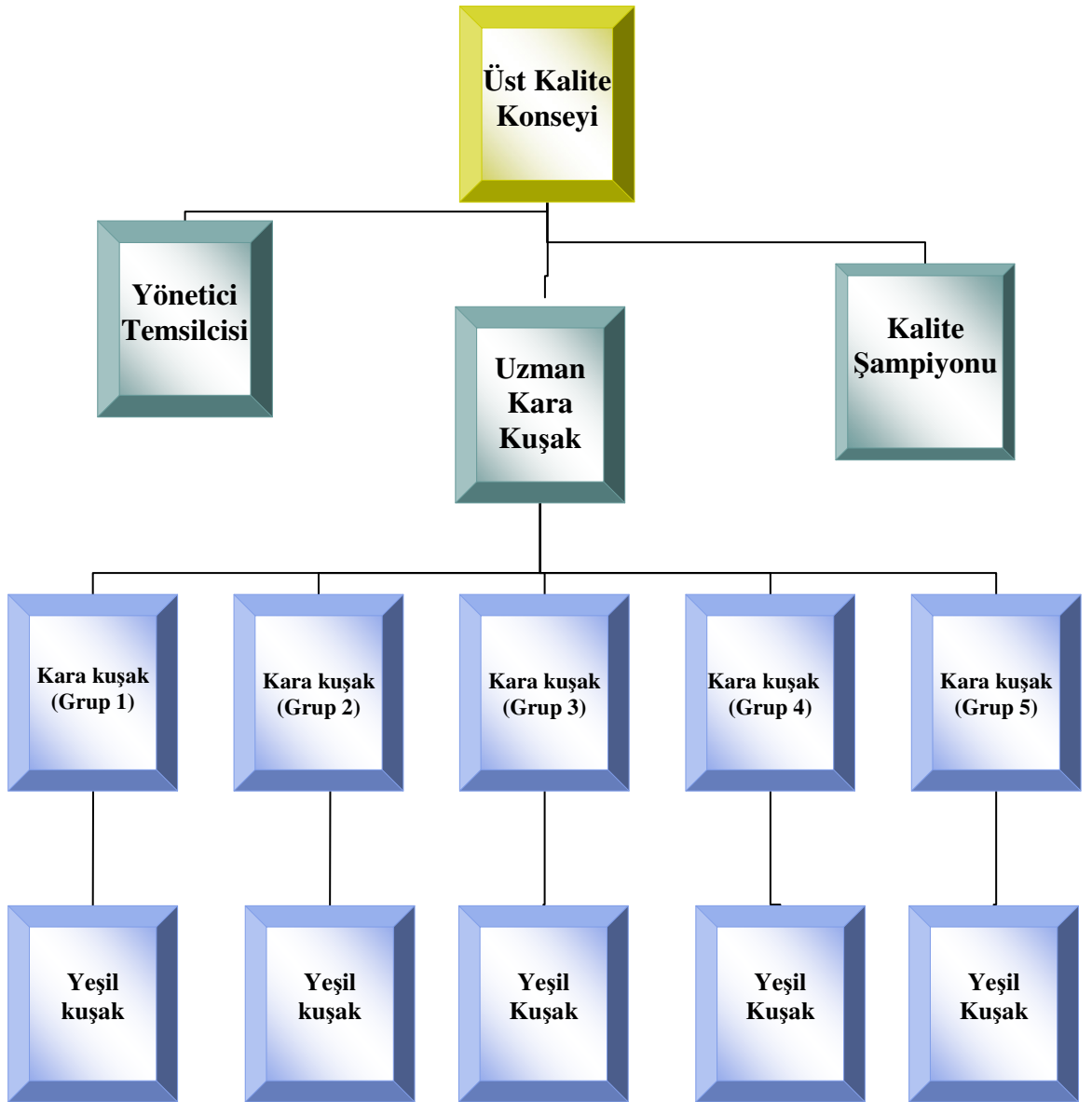
Altı Sigma organizasyonlarında tüm personele aldıkları eğitiminin türüne göre farklı unvan, yetki ve sorumluluklar verilmektedir. Bu unvanlar Altı Sigma'nın uygulandığı organizasyonun yapısı, uygulamanın kapsamı ve projelerin türüne bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Bazı firmalar genel kabul gören unvanlara sarı, mavi vb. kuşaklar eklerken, bazıları ise birkaç kuşakla yetinmektedir.

Altı Sigma uygulayan işletmelerde verimsizlik yaratan ve sigma seviyesinin düşmesine sebep olan problemler iyileştirme projelerini tetiklemektedir. Bu projeler Kara Kuşaklar önderliğindeki takımlar tarafından hedeflerine ulaştırılmaktadır. Problem çözme ve veriye dayalı karar verme uzmanı olarak yetiştirilen Kara Kuşaklar, üstün yetenekleri ve bilgileri sayesinde değişim yönetiminin öncülüğünü yaptıkları gibi geleceğin yönetici kadrosunu da oluşturmaktadırlar. İyileştirme takımı üyelerine ise Yeşil Kuşak adı verilir. Yeşil Kuşaklar temel ölçüm/analiz yöntemleri ve bu analizler sırasında kullanacakları bilgisayar yazılımları konusunda yetiştirilirler.

Altı Sigma'yı uygulayan firmalarda çalışanların üstlendikleri sorumluluklar ve aldıkları görevler, firmanın yapısına ve firmada uygulanan projenin niteliğine göre değişiklik göstermektedir.

Genel olarak çalışanların aldıkları ünvanlar;

- Üst Kalite Konseyi
- Yönetici Temsilcisi
- Kalite Şampiyonu
- Uzman Kara Kuşak
- Kara Kuşak
- Yeşil Kuşak şeklinde olmaktadır.



Şekil 2-2: Altı Sigma Organizasyonel Yapısı

Kaynak: Mahanti ve Antony, 2005, s.742'den alınan şekil geliştirilmiştir.

2.6.1. Üst Kalite Konseyi

Üst yönetim tarafından oluşturulan kurulun temel görevi; işletme bazında yürütülen Altı Sigma projelerinin etkinliğini sağlamaktır. Bu amaçlarla belirli dönemlerde toplanan kurulun, sistemin bütünü ve bütünü oluşturan Altı Sigma projelerini tartışması, uygulamalardaki hataları ve sapmaları belirleyerek düzeltmesi beklenmektedir (Polat vd, 2005, s.63).

Altı Sigma'da projeler, organizasyonun orta kademesinde yer alan Kara Kuşaklar tarafından yürütülür. Daha açık bir ifade ile üst yönetim Altı Sigma hakkında bilgi edinmek için zaman harcamazsa, bu iş için en nitelikli personeli görevlendirmez ve ihtiyaç duyulan kaynakları sağlamazsa, Kara Kuşakların başarı şansı azalmaktadır. Bunun için özellikle büyük çaplı işletmelerde bir üst kalite konseyinin oluşturulması yararlı olacaktır (Baş, 2001, s.24).

Üst Yönetim Konseyinin başlıca görevleri;

- Altı Sigma uygulamalarının kapsamını belirlemek,
 - Altı Sigma organizasyonunu ve bu organizasyonda yer alan kişilerin yetki, sorumluluk ve görevlerini belirlemek,
 - Altı Sigma uygulamalarının kapsamını değişen ihtiyaçlara ve işletmenin Altı Sigma konusunda ulaştığı olgunluk düzeyine göre genişletmek ve organizasyon yapısında buna uygun düzenlemeler yapmak,
 - Altı Sigma projeleri için gerekli kaynakları sağlamak, proje takımlarının karşılaştıkları büyük problemleri çözmek,
 - Altı Sigma projelerini takip etmek ve gerektiği durumlarda müdahalelerde bulunmak,
 - Elde edilen olumlu sonuçlar ve iyi uygulamaların tüm işletmede yaygınlaşmasını sağlamak,
- şeklinde özetlenebilir (Baş, 2001, s.24-25).

2.6.2. Yönetim Temsilcisi

İşletme bazında Altı Sigma planlamalarını yürütecek, raporlamada katkıda bulunacak olan Altı Sigma uygulamalarındaki en aktif yönetim birimidir. Altı Sigma koordinatöründen yürütme kurulunu toplamak, işletme bazında göstergeleri raporlamak, yürütme kurulunu bilgilendirmek ve aksaklıkları raporlamak gibi görevleri yerine getirmesi beklenir. (Polat vd, 2005, s.64).

Altı Sigma faaliyetleri üst yönetimden etkili bir lider tarafından yönetilmediği sürece başarısızlık şansı yüksektir. Bu tür bir görevlendirme Altı Sigma'ya verilen önemi göstermesi ve faaliyetleri kolaylaştırması açısından önemlidir. Yönetim Temsilcisi üst yönetim adına karar verebileceği için, proje çalışmaları sırasında çıkan sorunların çözümü için konsey toplantıları beklenmeyecektir.

Yönetim Temsilcisinin başlıca görevleri;

- Altı Sigma eğitim planlarını hazırlamak ve eğitimin plana uygun olarak gerçekleştirilmesini sağlamak,
- Gerekliğinde Altı Sigma konusunda, eğitim kuruluşları, danışmanlık şirketleri ve diğer ilgili kuruluşlardan yardım almak,
- Altı Sigma konusunda yardım isteyen kuruluşların taleplerini cevaplamak,
- Proje seçimi ve takımların oluşturulmasında kalite şampiyonu/şampiyonlarına yardımcı olmak,
- Belirlenen projeleri ve bu projeler için oluşturulan takımları onaylamak,
- Takımların ihtiyaçlarını değerlendirmek, uygun gördüklerinden yetkisi dahilinde olanları tedarik etmek, yetkisini aşanları üst kalite konseyine teklif etmek,
- Kalite şampiyonlarına her konuda destek olmak,
- Tüm iyileştirme projelerini takip etmek ve elde edilen sonuçları bir rapor halinde üst kalite konseyine sunmak şeklinde özetlenebilir (Baş, 2001, s.25).

2.6.3. Kalite Şampiyonu

Altı Sigma projesinin yapıldığı sürecin yöneticiliğini yapan kişiler, şampiyon olarak atanırlar. Şampiyonun Altı Sigma projesini yürüten ekibe destek olması, sorgulaması, projenin başarılı olması için gereken önlemleri alması ve proje gözden geçirme çalışmalarını düzenli olarak yürütmesi beklenir (Polat,2005, s.64). Bazı Altı Sigma projelerinde birtakım sorunlarla karşılaşılabilir. Bu noktada; çeşitli engel ve dirençlerin üstesinden gelmede proje ve proje üyelerine yardımcı olacak yöneticilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Kalite Şampiyonu, iyileştirme projelerini Üst Kalite Konseyi adına gözlemleyen kişidir. Aslında Altı Sigma Takımlarını, Toplam Kalite Yönetimi'nin Çemberlerinden ayıran temel fark da buradadır. Kalite Çemberlerinde iyileştirme konularının seçimi ve projelerin yürütülmesi tamamen çember üyelerinin sorumluluğundayken, Altı Sigma'da bir miktar yönlendirme söz konusudur.

Kalite Şampiyonunun başlıca görevleri;

- İyileştirme projelerinin işletme amaçları ile uyumlu olmasını sağlamak,
 - İyileştirme takımlarının kaynak ihtiyaçlarını yönetim temsilcisine bildirmek,
 - İyileştirme takımları arasında koordineyi sağlamak,
 - Hızını yitiren çalışmalara müdahale etmek, gerektiğinde kapsam değişikliği, yeni personel görevlendirmesi vb. tedbirler almak,
 - İyileştirme projelerinin tamamlanma sürelerini belirlemek,
 - İyileştirme projelerinin konu ve kapsam değişikliklerini onaylamak
- şeklinde özetlenebilir (Baş, 2001, s.26).

2.6.4. Uzman Kara Kuşak

Uzman Kara Kuşaklar; Altı Sigma süreç iyileştirmelerinde uzmanlaşmış, yüksek düzeyde eğitim ve yeteneğe sahip kişilerdir Bu görev, Altı Sigma çalışmalarının başlangıcında dış kuruluşlardan kiralanan bir danışman tarafından yürütülebilmektedir.

Uzman Kara Kuşağın başlıca görevleri;

- İyileştirme takımlarına başta istatistiksel yöntemlerin seçimi ve kullanımı olmak üzere her konuda teknik destek sağlamak,
- Kalite Şampiyonlarına projelerin tamamlanma sürelerinin belirlenmesinde yardımcı olmak,
- İyileştirme projelerinden elde edilen sonuçları yönetim temsilcisi için bir araya getirmek ve özetlemek,
- Altı Sigma konusunda eğitim vermek,
- Çalışanları bilgilendirmek suretiyle Altı Sigma'nın organizasyon çapında benimsenmesine katkı sağlamak şeklinde özetlenebilir (Baş, 2001, s.27).

Uzman Kara Kuşaklar, süreç iyileştirmede diğer çalışanlara eğitim verirken aynı zamanda Altı Sigma'nın yerleştirilmesine katkı sağlayan organizasyonel kültürün gelişmesini sağlamaktadırlar. Altı Sigma programının devamlılığını sağlamak için kara kuşak gruplarını belirleyip eğitimleri düzenler. Ayrıca kara kuşak projelerini kolaylaştırır ve üst düzey yönetime destek olurlar. Uzman kara kuşaklar sıra dışı niceliksel ustalıkları, öğretim ve liderlik yetenekleriyle tam zamanlı eğiticilerdir.

2.6.5. Kara Kuşak

Kara Kuşaklar, Altı Sigma araçlarını çok iyi bilen ve projelerinde uygulayan, Altı Sigma projelerinin firmalardaki itici gücüdürler. Kara kuşaklar, projeler için takım oluşturup ekiplere öncülük eden ve kilit süreçler üzerinde odaklanan, sonuçları şampiyonlara raporlayan kalite yürütücüleridir (Polat vd., 2005, s.64). Kara Kuşaklar, Altı Sigma projelerinde tam zamanlı olarak görev alırlar. İşletme sürecinde meydana gelebilecek hataları bulmaya ve ortadan kaldırmaya odaklanırlar. Tüm departmanlarda Altı Sigma projelerini yönetirler.

İyileştirme takımının lideri olan Kara Kuşaklar, iyileştirme projelerinin seçimi, yürütülmesi ve elde edilecek sonuçlardan birinci derecede sorumludur. Kara Kuşak görevini yürüten kişi asli görevini proje tamamlanıncaya kadar bir başkasına devreder.

Proje bitiminde ise aynı göreve devam edebileceği gibi daha üst bir göreve terfi edebilir. Kara Kuşaklar, Altı Sigma araçlarını etkin bir şekilde kullanarak, işletme sorunlarına hızlı ve kalıcı çözümler getirebilecek yeterlilikte olmalıdırlar. Bunun için Kara Kuşaklar, Uzman Kara Kuşak ya da dış eğitim kuruluşları tarafından ortalama dört ay süreli eğitime tabi tutulurlar.

Kara Kuşakların başlıca görevleri;

- İyileştirme projesini belirleyerek kalite şampiyonuna teklif etmek,
 - İyileştirme projelerinin konu ve kapsam değişikliklerini kalite şampiyonuna teklif etmek,
 - Takım üyelerini belirlemek ya da belirlenmesinde kalite şampiyonuna yardımcı olmak,
 - Takım üyeleri arasında iş ve görev dağılımını yapmak,
 - İyileştirme projesini yönetmek ve projenin zamanında tamamlanmasını sağlamak,
 - Bilgi ve kaynak ihtiyaçlarını belirlemek ve bu talepleri kalite şampiyonuna bildirmek,
 - Takım üyelerine Altı Sigma araçlarının kullanımı ve proje görevlerinin yerine getirilmesi sırasında teknik destek sağlamak,
- şeklinde özetlenebilir (Baş, 2004, s.28).

2.6.6. Yeşil Kuşak

İyileştirme takımı üyelerine verilen addır. İyileştirme faaliyetlerini bizzat yürüten icracı personelden oluşur. Yeşil Kuşaklar; Altı Sigma projelerinde yarı zamanlı olarak görev alan kişilerdir. Normal günlük işlerine ilave olarak Altı Sigma projelerinde görev alırlar. Yeşil Kuşaklar, Altı Sigma araçlarının, daha çok ölçüm araçlarını bilen, diğer araçlar konusunda temel bilgilere sahip, kara kuşak projelerinde takım elemanı olarak çalışan kişilerdir. Kara kuşak projesi biter bitmez, ekip üyelerinden düzenli işlerinin bir parçası olarak Altı Sigma araçlarını kullanmayı sürdürmeleri beklenmektedir

Yeşil Kuşakların temel ölçüm ve analiz yöntemlerini iyi derecede bilmeleri ve bilgisayar yazılımları yardımı ile analizleri çok rahat yapabilecek yeterlilikte olmaları gerekmektedir. Bunun için Yeşil Kuşaklar, proje takımlarının belirlenmesinden sonra ortalama iki hafta süre ile eğitime tabi tutulmaktadır (Baş, 2004, s. 28).

Tablo 2-2: Altı Sigma Kuşak Takımının Eğitim, Profil ve Rollerinin Karşılaştırılması

	Yeşil Kuşak	Kara Kuşak	Şampiyonlar
Profil	Teknik altyapı	Teknik derece	Kıdemli yönetici
Rol	Önemli süreç iyileştirme takımlarına liderlik Araçlar ve analizler konusunda eğitim almak, önderlik ve koçluk yapmak Kara kuşakları desteklemek Projede yarı zamanlı çalışma	Stratejik, yüksek etkiye sahip süreç iyileştirme projelerinde liderlik Temsilciyi değiştirmek Çapraz fonksiyonel takım üyelerini eğitmek ve akıllı hocalığı yapmak Tam zamanlı proje liderliği	Projeler için güçlü liderlik ve kaynak sağlamak Planlar yapmak ve altyapı sistemi yaratmak Ölçüler geliştirmek
Eğitim	İkinci dönemde proje gözden geçirmesi için bir ay ara ile iki-üç günlük eğitimler	İki, üç, dördüncü dönemde proje gözden geçirme için bir ay ara ile üç haftalık dört dönem eğitim	Bir hafta şampiyon eğitimi Altı Sigmanın iyileştirilme ve geliştirilme planı
Sayılar	Yirmi çalışanda bir kişi	Elli-yüz çalışanda bir kişi	Büyük işletme grubunda bir kişi

Kaynak: (Hong ve Goh, 2003, s.96).

2.7. Altı Sigma Organizasyonunda Eğitim

Altı Sigma metodolojisiyle birlikte alınmaya başlayan eğitimler birbirini izleyen dört aşamada gerçekleştirilmektedir.

Sistemin başlangıcı kabul edilen "Planlama ve Altyapı" aşamasında, üst yönetimle birlikte işletmenin iş hedeflerine uygun Altı Sigma stratejisi ve uygulama planı oluşturulur. Yönetici eğitimleri, karşılıklı görüşmeler sayesinde hem üst hem de orta yönetim Altı Sigma kavramları, rolleri, programın bütünü hakkında ayrıntılı olarak bilgilendirilir. Altı Sigma Liderlik ekibi oluşturulur.

"Uygulama ve Yayılım" adı verilen ikinci aşamada, yönetimle birlikte Altı Sigma stratejisine uygun iyileştirmeye açık alanlar belirlenir. Projeler sonucunda elde edilen stratejik ve finansal kazançlar raporlanır. Bu sayede Altı Sigma programının kazançlarının tüm çalışanlar tarafından görülmesi ve tanınması sağlanır.

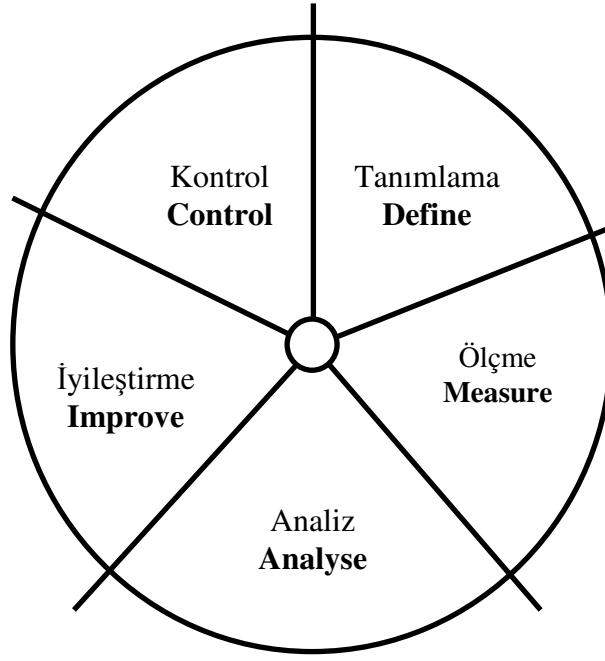
Üçüncü aşama "Sürdürme ve Yayılım", Altı Sigma metodolojisinin yayılımını hızlandırmayı ve günlük yaşama entegre etmeyi amaçlar.

"Kurumsal Davranış Biçimi" adı verilen dördüncü aşamada ise, mevcut problemlerin süratle çözülmesine yönelik, Altı Sigma metodolojisinin ve araçlarının günlük faaliyetlere tümüyle entegrasyonu tamamlanır. Bu aşamada, mevcut problemlerin çözülmesi konusunda elde edilmiş kurumsal davranış biçiminin ötesine geçilmesi amaçlanır. Yeni ürünlerin veya süreçlerin problemsiz olarak tasarımı ve devreye alınmasını mümkün kılacak sistemler oluşturularak uygulanması, sürekliliğinin sağlanması ve bu sayede veriye ve verinin uygun araçlarla analizine dayalı karar verme alışkanlığının organizasyonda tümüyle yerleştirilmesi sağlanmaya çalışılır (Filiz, 2005).

2.8. Altı Sigma Metodolojisi

Altı Sigma projeleri için TÖAİK olarak kısaltılmış bir standart metodoloji geliştirilmiştir. Bu [Define (Tanımlama), Measure (Ölçme), Analyze (Analiz), Improve

(İyileştirme), Control (Kontrol)] kelimelerinin kısaltmasıdır. Bu disiplin Altı Sigma projelerinin açık bir şekilde tanımlanmasını ve uygulanmasını sağlar ve konularının yeniden meydana gelmesini önler (Keller, 2004, s.8).



Şekil 2-3: TÖAİK Döngüsü
Kaynak: Rath and Strong, 2002, s.7

Verilerin ölçümü ve istatistiksel analizi Altı Sigma yaklaşımının merkezindedir. Altı Sigma'ın odağı, kalite ölçümlerindeki varyasyonu azaltmaktır. Genel olarak Altı Sigma süreci, önlemlerin sonuçlarını almak, anlamını yorumlamak ve bu geri beslemeye dayalı olarak ürün veya sürece yapılacak iyileştirmeleri belirlemek için kullanılmaktadır. TÖAİK yaklaşımı, çalışma alanının sürekli değerlendirmesinde kullanılmaktadır. Çünkü TÖAİK, müşteri ihtiyaçları ile bu çalışma alanının performansı arasındaki uyumu iyileştirmek için güçlü bir süreçtir. Çalışma alanı için ihtiyaçlar organizasyon tarafından belirlenir ve davranışsal önlemlerden (örneğin işbirliği) finansal önlemlere (örneğin müşteri kaybı maliyetleri) kadar farklı ölçüm değerleri içerebilmektedir (O'Neill ve Duvall, 2004, s.244)



Şekil 2-4: TÖAİK Yaklaşımının Adımları
Kaynak: O'Neill ve Duvall, 2004, s.245

Şekil 2-4'ten görüldüğü üzere, tanımlama aşamasında projenin kapsamı belirlenir ve ölçümler oluşturulur; ölçme aşamasında başlangıçtaki ölçümler toplanır; analiz aşamasında veri analiz edilir ve daha ileri ölçümler alınır; iyileştirme aşamasında iyileştirmeler yapmak için stratejiler uygulanır ve kontrol aşamasında bulgular organizasyonel olarak paylaşılır. Verileri toplamak, problemleri teşhis etmek ve kazançları sürekli kılmak için bir ölçüm-geri besleme döngüsü kurulur (O'Neill ve Duvall, 2004, s.245).

Tablo 2-3: TÖAİK Süreci Kullanılan Altı Sigma'nın Anahtar Aşamaları

Altı Sigma Aşamaları	Anahtar Süreçler
Tanımlama	Tüketicinin beklentilerinin ve gereksinimlerinin tanımlanması
	Proje sınırlarının tanımlanması
	İş akışı haritası yardımıyla sürecin tanımlanması
Ölçme	Müşteri ihtiyaçlarını karşılamada sürecin ölçülmesi
	Veri toplama planı geliştirmek
	Önemli noktaları ve eksiklikleri tanımlamada verilerin toplanması ve karşılaştırılması
Analiz	Değişkenliğin kaynağının ve hataların nedenlerinin analizi
	Süreçteki değişkenliklerin belirlenmesi
	Gelecek iyileştirmeler için fırsatların önem sırasına göre düzenlenmesi
İyileştirme	Değişkenliklerden kurtulmak için sürecin iyileştirilmesi
	Geliştirilmiş planların uygulanması ve yaratıcı alternatiflerin geliştirilmesi
Kontrol	Müşteri ihtiyaçlarının karşılanmasında süreç değişkenliğinin kontrol edilmesi
	İyileştirilmiş sürecin izlenmesi ve kontrolü için strateji geliştirme
	Sistem ve yapıların iyileşmesinin tamamlanması

Kaynak: Kwak ve Anbari, 2004,s.2

Tablo 2-3'te Altı Sigma metodolojisinin adımları ve her bir aşamada yapılması gereken faaliyetlerin kapsamı gösterilmiştir.

Altı Sigma uygulamasında yer alan kara kuşaklar, süreci iyileştirme çabalarında TÖAİK döngüsünü takip ederler. Tanımlama aşamasında proje

tanımlanmakta ve performans ölçüm değerleri açık bir şekilde belirtilir. İdeal olarak bu proje tanımı, süreç sahibi tarafından Kara Kuşak ve ekibinden ne beklendiğini karışıklığa yer vermeksizin ifade etmek üzere üretilir. Ölçme aşamasında sürecin yakın zamandaki performansı değerlendirilir. Analiz aşamasında düşük performans için temel nedenler tanımlanır. İyileştirme aşamasında eylemler önerilir ve proje takımından biri iyileştirme sağlayacağı beklentisiyle seçilir. Kontrol aşamasında, süreç performansında elde edilen iyileştirmenin projenin bitiminden sonra da sürdürülmesini sağlamak için eylem yapılır. Uygulamada T, Ö, A, İ ve K aşamaları üzerinden düzgün akış, proje tanımının kalitesine ve Siyah Kuşağa verilen desteğe bağlı olacaktır (Caulcutt, 2004, s.428).

Altı Sigma TÖAİK döngüsü, durumları sistematik ve katı bir şekilde sorgulamak için tasarlanmıştır ve bu döngü iyileştirme sürecini daha etkin ve daha verimli yapmaktadır (Man, 2002, s.198). Altı Sigma süreci müşteri merkezlidir, yani zamanında, eksiksiz ve komple müşteri çıktıları ve tepkiselliğe sahiptir. Süreçlerin veri tabanlı iyileştirmesini getirmekte ve süreç değişikliğini azaltmaya, süreci merkezileştirmeye, optimize etmeye ve süreç kapasitesini arttırmaya odaklanmaktadır (Mahanty ve Antony, 2005, s.740).

TÖAİK döngüsünün süreç iyileştirmesinde kullandığı adımlar, iyileştirme sürecine kılavuzluk eder ve tek bir iyileştirme projesindeki hataların temel nedenlerinin algılanmasına yardım eder. Değişkenliğin çoğuna neden olan süreç arızalarına yoğunlaşmak ve çıktı hatalarının varlığı üzerinde en büyük etkiye sahip girdileri belirlemek mümkündür. Altı Sigma' daki önemli adımlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- (1) Müşteri memnuniyetini etkileyen ürün özelliklerini tanımlamak,
- (2) Müşteri spesifikasyonlarını karşılamak için parametreleri tanımlamak ve kontrol etmek üzere bir Hata Türü ve Etkileri Analizinin kullanımı,
- (3) Kontrol parametrelerini ölçmek için bir çoğaltılabilirlik ve tekrar edilebilirlik çalışması kullanılması,

(4) Prototiplerin süreç yeterliliğini tahmin etmek ve bu sayede özel eksiklikleri hemen düzeltebilmek,

(5) Kalite kontrol planını ve eğitim materyalini geliştirmek.

Aslında yukarıda tarif edilen TÖAİK yapısı, Deming'in PUKY döngüsü (PDCA Plan-Do-Check-Act: PUKY Planla- Uygula- Kontrol Et ve Yap) ile yakından bağlantılıdır (Haikonen vd., 204, s.370-371). PUKY döngüsü, sürekli iyileştirme yöntemlerinin en etkili olanlarından birisidir. Bu döngü, bilimsel araştırma yöntemlerine bağlı olmaktadır ve üretim süreçlerinin ve ürünlerin iyileştirilmesinde kullanılmaktadır (Wilson vd., 1995, s.57). Kalite akımlarının gerektirdiği süreçler üzerinde uygulanan birçok iyileştirme modelinin temeli, W. Edwards'ın geliştirdiği veri tabanlı süreç iyileştirmenin temel mantığını tanımlayan PUKY adımları üzerine kuruludur.

- **Planla:** Mevcut performansın sorunlar ve boşluklar açısından değerlendirilmesi, temel sorunlar hakkında veri toplanması, sorunların temel nedenlerinin tanımlanması, olası çözümlerin düşünülmesi ve potansiyeli en yüksek çözümün bir denemesinin yapılmasını içermektedir.

- **Uygula:** Planlanan çözümün pilot uygulamasını içermektedir (Pande vd., 2004, s.68). Planın uygulaması yapıldıktan sonra sonuçlar dikkatli bir şekilde gözlemlenir ve plandan sapmalar kaydedilir (Wilson vd., 1995, s.58).

- **Kontrol Et:** İstenen noktaya ulaşıp ulaşılmadığını görmek için denemenin sonuçlarının ölçülmesini ve eğer sorun çıkıyorsa iyileştirme çabalarının önüne çıkan engellerin saptanmasını içermektedir (Pande vd., 2004, s.68). Sonuçlar değerlendirilir ve asıl amaçlarla karşılaştırılır. Deneyimlerden nelerin öğrenildiği ve iyileştirme potansiyelleri belirlenir (Wilson vd., 1995, s.58).

- **Yap:** Denenen çözüm ve değerlendirmeye bağlı olarak çözümün kalıcı olacak biçimde ayrıntılandırılması ve geliştirilmesini ve bu yeni yaklaşımın mümkün olan her yere uygulanmasını içermektedir (Pande vd., 2004, s.68).

Herhangi bir Altı Sigma TÖAİK projesinde birinci adım; müşteri beklentilerini ve özelliklerini tanımlamaktır. “Müşterinin Sesi” adı verilen bir araç kullanılarak, kritik kalite karakteristiği faktörlerinin ve uygun hedeflerin tanımlanması sağlanmaktadır. Sonraki adım; hataların frekansını ölçmek ve temel süreç yeterliliğini belirlemektir. Süreçteki kritik değişkenler tanımlanır ve müşterinin gördüğü çıktı (y) süreç değişkenlerinin (x) bir fonksiyonu olarak tanımlanır. Değişkenleri ve çıktıları ölçebilmek kesinlikle önemlidir. Deney Tasarımı gibi istatistiksel araçlar, değişkenlerin daha iyi kontrol edilmesini belirlemek için kullanılır. Son adım; müşteri için kaliteyi iyileştirmede, sürecin uzun vadede kontrolde kalmasını sağlamak için bir kontrol planı uygulamaktır (Markarian, 2004, s.29).

Altı Sigma TÖAİK projelerinde, problem açıkça tanımlanmaya kadar yöntemin dikkatle takip edilmesi ve bir çözümün önerilmemesi önemlidir. Veri ve amaç ölçümü yöntemin her adımında büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, Altı Sigma'nın temel ilkeleri metodun her adımında uygun araçların bir entegrasyonunu gösterir. Araçların metodlarla dikkatli bir şekilde entegrasyonu Altı Sigma'ya özgüdür (Linderman vd.,2003, s.195).

TÖAİK verimsiz adımları gideren, sıklıkla yeni ölçümlere odaklanan ve sürekli iyileşme için teknolojiyi uygulayan bir kapalı döngü sürecidir. Tablo 2-4; TÖAİK süreci kullanılarak uygulanan Altı Sigma metodolojisinin ana adımlarını göstermektedir (Kwak ve Anbari, 2004, s.2).

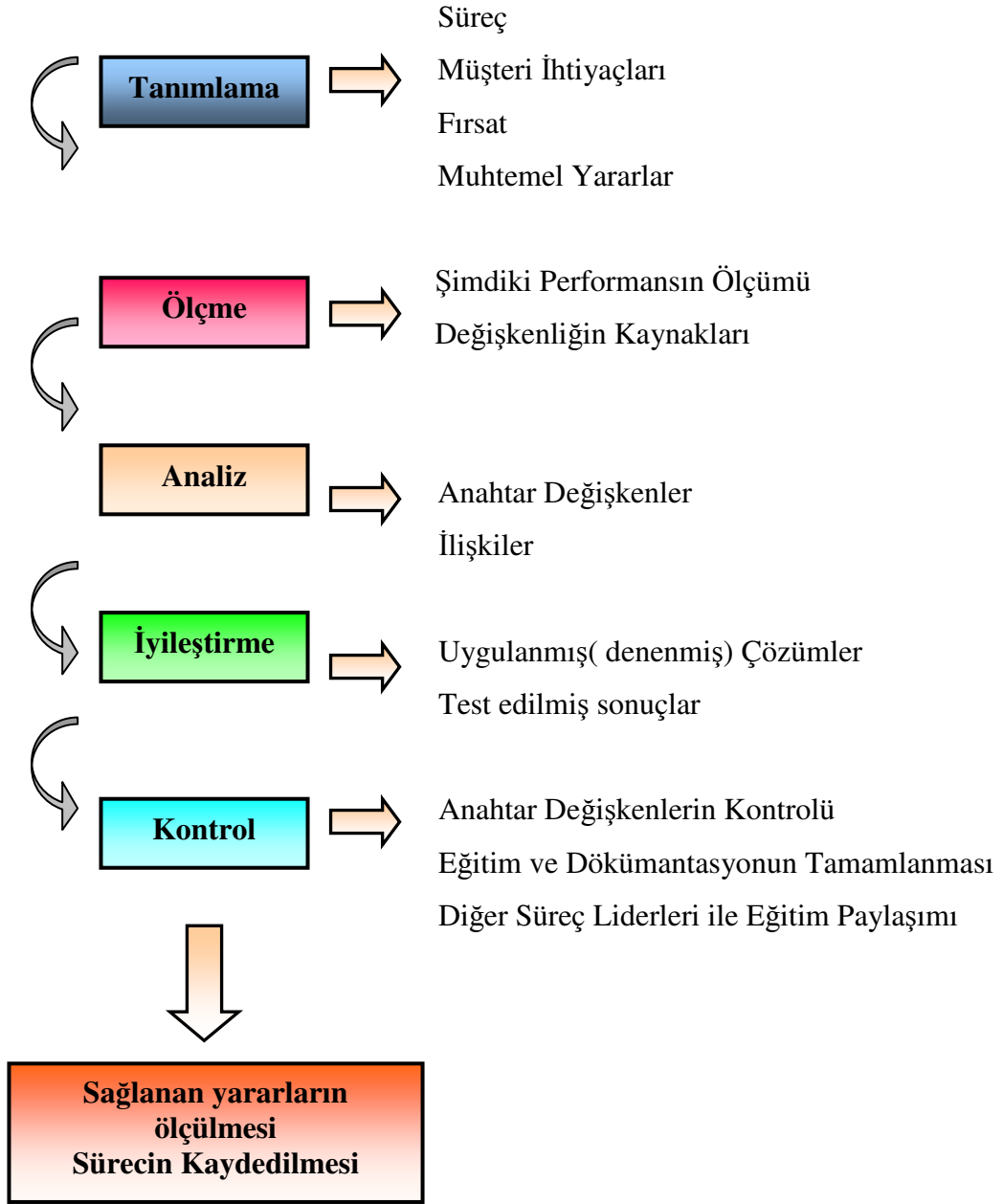
Tablo 2-4: Altı Sigma Stratejileri, Araçları Ve Teknikleri

Altı Sigma İşletme Stratejileri ve İlkeleri	Altı Sigma Araç ve Teknikleri
Proje Yönetimi	İstatistiksel Süreç Kontrol
Veriye Dayalı Karar Alma	Süreç Yeterlilik Analizi
Bilginin Keşfi	Ölçüm Sistemi Analizi
Süreç Kontrol Planı	Deney Tasarımı
Veri Toplama Araç ve Teknikleri	Robust Tasarım
Değişkenliği Azaltma	Kalite Fonksiyon Göçerimi
Kuşak Sistemi(Uzman, Kara, Yeşil, Sarı)	Hata Türü ve Etkileri Analizi(HTEA)
TÖAİK Süreci	Regresyon Analizi
Yönetim Araçlarının Değişimi	Ortalama ve Varyansların Analizi
	Hipotez Testleri
	Kök Neden Analizi
	Süreç Haritası

Kaynak: : Kwak ve Anbari, 2004,s.2

2.9. Altı Sigma Metodolojisinin Aşamaları

Altı Sigma metodolojisi projelerle uygulanmaktadır Her proje, Altı Sigma yol haritası olarak adlandırılan sistematik yaklaşımla yürütülür. Şekil 2-5'te görüldüğü gibi oldukça ayrıntılı hazırlık, eğitim ve uygulama gerekmektedir. Her bir aşama çok sayıda alt basamaktan oluşmaktadır. Bu aşamaların ciddiyetle ele alınması, Altı Sigma uygulamalarının başarısını büyük ölçüde etkilemektedir.



Şekil 2-5: TÖAİK Süreci Ve Her Bir Adımdan Beklenen Sonuçlar
Kaynak: Knowles vd., 2004,s.285

2.9.1. Tanımlama Aşaması

Metodolojinin ilk geliştirildiği dönemlerde kullanılmayan bu aşama, metodolojinin zaman içinde gelişimine paralel olarak metodolojiye sonradan ilave edilmiştir. Metodolojinin uygulamalarda tespit edilen amaçlarına göre gelişen tanımlama aşamasında, proje hedef ve göstergeleri ile müşteri beklentileri arasındaki

ilişkiler belirlenmektedir. Detaylı proje planı, çalışma takvimi ve proje beyanının oluşturulduğu bu aşamada, süreç haritaları oluşturularak, müşteri beklentileri doğrultusunda süreçlerdeki potansiyel girdilerin araştırması yapılmaktadır (Polat vd.,2005,s.71-72).

Tanımlama aşaması, proje hedeflerinin tanımlanması ve daha yüksek sigma düzeyi elde etmek için ele alınması gereken konuların teşhisi ile ilgilidir. Tanımlama aşaması öğrenme ve değişim ihtiyacının tanımlanması için “müşterinin sesine” dayalıdır (Mahanti ve Antony, 2005, s.741; Man, 2002, s.198).

Tanımlama aşaması, doğru projelerin seçimi, tanımlanması, öncelik sırasına koyulması ve seçilmesini kapsar. Bu aşamanın anahtar bileşenleri;

- İşletme fırsatlarının onaylanması,
- Olası projelerin belirlenmesi ve analizi,
- Müşteri gereksinimlerinin tanımlanması ve belirlenmesi,
- Yararların tayin edilmesi,
- Projelerin seçimidir (Basu ve Wright, 2003, s.47).

TÖAİK, ilk önce proje liderlerinden çekirdek süreçlerini tanımlamalarını ister. Bu aşamada proje hedefleri, iç ve dış müşteriler, kaynaklar tanımlanır. Bu aşama, müşterilerin beklentileri hakkında bilgi sahibi olma yani müşterilerin sesini toplama aşamasıdır. Yüksek düzeyde bir süreç haritası bu aşamada tanımlanmalıdır (Hong ve Goh, 2003, s.370).

Bu aşamada kullanılabilen araçlar şunlardır;

- Proje Beyanı (Project Charter)
- Paydaş Analizi (Stakeholder Analysis)
- Detaylı Süreç Haritaları (TGSCM- Tedarikçi, Girdi, Süreç, Çıktı ve Müşteri)
- Ürün Başına Hata Oranları
- Müşterinin Sesi (Voice of Customer)

- Yakınlık Diyagramı (Affinity Diagram)
- Kano Modeli
- Kritik Kalite Karakteristikleri (Critical to Quality)

2.9.1.1. Proje Beyanı

Proje beyanı, proje planının bir parçası olarak resmi bir belgedir. Proje beyanında, proje kesin ve net bir şekilde belirlenmiş olmalıdır. Proje beyanı, kaynakların proje faaliyetlerine uygun olarak kullanılmasından proje yöneticisi ile birlikte sorumlu olan proje sponsoru tarafından yapılır. Proje beyanı genel olarak şu unsurları içerir (Pyzdek, 2004, s.1):

- Projenin tanımı yapılmalıdır.
- Projeden dolayı organizasyonun karşılaşılabileceği fırsat ve tehditler belirtilmelidir.
- Proje ile ürün ve hizmette oluşacak değer belirtilmelidir.
- Proje ile üretilecek ürün ve iş arasındaki ilişki tanımlanmalıdır. Daha sonraki proje planına katkıda bulunması açısından ürün yeterli detaylar ile açıklanmalıdır.
- Projeye katkıda bulunacak organizasyonel kaynaklar yetkilendirilmelidir.

Proje beyanında, proje takımının misyonu ve bu beyan ile bağlantılı organizasyonun bütününe misyonunu içeren ifade yer almalıdır. Misyon ifadesi belirsiz, zor anlaşılabilir ve çok geniş kapsamlı olmamalıdır. Proje beyanı sürecinin altı adımı mevcuttur (Pyzdek, 2000, s.1):

- Problem ifadesi belirlenmelidir
- Ödüller belirlenmelidir.
- Sürecin temel akış diyagramı belirlenir.
- Proje takım üyeleri seçilir.
- Proje takımına verilecek eğitimler belirlenir.
- Proje takım lideri seçilir.

2.9.1.2. Paydaş Analizi

Paydaş, işletmenin amaçlarının başarısını etkileyen veya bu başarıdan etkilenen işletmede çalışan kişi ya da gruplardır (Gupta, 1995, s.5). Bir kuruluşun paydaşları, o kuruluşun fayda elde eden herkesi kapsamaktadır. Müşteriler, çalışanlar, hissedarlar, tedarikçiler “paydaş” kelimesi ile temsil edilmektedir.

Paydaş, bir Altı Sigma proje ekibinin çözümlerinden etkilenen ya da Altı Sigma proje ekibinin çözümlerinin uygulanması için ihtiyaç duyulan kişilerdir. Paydaş analizi, proje ekiplerinin çözümlerinin kabul edilmesi için ilk kritik adımdır. Altı Sigma'nın veriler ve gerçeklere dayanan bir yönetim felsefesi olduğu kavramına bağlı kalarak paydaş analizi, ekibin çözümlerine verilen desteği ölçmenin bir yolu olarak tanımlanabilmektedir (Eckes, 2005, s.96).

Paydaş analizi, politika ve programların yerleştirilmesi ve geliştirilmesinde göz önünde bulundurulması gereken yetenekleri belirlemede, kalitatif bilgilerin toplandığı ve analiz edildiği bir süreçtir. Yöneticiler önemli kişileri ve politikalarla ilgili bu kişilerin bilgilerini, ilgi alanlarını, pozisyonlarını belirlemede paydaş analizini kullanırlar. Bu analiz yöneticilere önemli paydaşlarla daha etkin etkileşim kurmaya ve politikalara verilen desteği arttırmaya yardımcı olur (Schmeer, 2006, s.4).

TÖAİK projeleri süreçte önemli değişimleri gerekli kılacaktır. İyileştirme uygulandığında, değişime karşı olan direnci azaltma çabalarında paydaşları tanımlama ve her bir paydaş için iletişim planı geliştirme oldukça önem taşımaktadır. Düzenli iletişim daha etkin ürün satın alımı, sonuçların daha iyi gözlemlenmesini ve tuzaklardan kaçınılmasını sağlayabilmektedir (Rath ve Strong, 2002, s.9).

Paydaş Analizinin basamakları (Schmeer, 2006, s. 5);

- Süreç planlama
- Politikaların belirlenmesi ve seçilmesi
- Önemli paydaşların tanımlanması

- Araçların adaptasyonu
- Bilginin toplanması ve kaydedilmesi
- Paydaş tablosunun düzenlenmesi
- Bilginin kullanılması.

2.9.1.3. Detaylı Süreç Haritaları (TGŞÇM)

Tanımlama aşamasının amacı müşterinin ne ifade ettiğini tanımlamak, belirtilen ihtiyacı kesinleştirmek, farklı ihtiyaçlar arasındaki bağımlılığı ve çatışmaları tanımak ve öncelik verilmiş şartlara ulaşmaktır. Detaylı süreç haritası, paydaşların tüm ihtiyaçlarını belirlemek ve onlara öncelik vermek için kullanılan uygun bir araçtır. TGŞÇM, Tedarikçiler, Girdiler, Süreçler, Çıktılar, Müşteriler [SIPOC- Suppliers, Inputs, Processes, Outputs ve Customers] kelimelerinin bir kısaltmasıdır (Seshadri vd., 2004, s.786).

TGŞÇM diyagramı; faaliyete başlamadan önce, süreç iyileştirme projelerinin konuyla ilgili tüm bileşenlerini tanımlamada kullanılan bir araçtır (Simon, 2006). Yüksek düzey süreç basamaklarının gerekli girdi ve çıktıları tanımlama ve analiz etmenin sistematik bir yoludur.

Süreç sınırında program varlıklarının nasıl etkileşimde bulduklarını göstermektedir. Müşteriyi sürece bağlamak için uygun bir araç olan TGŞÇM; temel girdileri/çıktıları ve ihtiyaçları tanımlamaktadır. Bu, tüm paydaşların fikirlerini ve endişelerini seslendirdikleri bir ekip faaliyeti olacaktır. Daha fazla bilgi toplandıkça paydaş ihtiyaçlarının detayları, gereksinimleri ve bunların birbirlerine olan bağımlılıkları daha net anlaşılacaktır. Bu araç ayrıca paydaşların çelişen algılamalarının çözümlenmesine yardımcı olur ve tüm paydaşlardan bilgi edinilmesini garantilemektedir (Seshadri vd., 2004, s.786).

Tedarikçi, Girdi, Süreç, Çıktı, Müşteri modeli; süreç yönetimi ve iyileştirilmesinde en çok kullanılan ve en yararlı diyagramlardan birisidir. Bu isim diyagramdaki beş unsurdan gelmektedir:

Tedarikçi: Süreç için kilit bilgi, malzeme veya diğer kaynakları sağlayan kişi veya gruptur.

Girdi: Tedarikçiden sağlanan hammadde ve malzemelerdir.

Süreç: Veriyi dönüştüren ve idealde ona değer kazandıran adım serisidir.

Çıktı: Sürecin son ürünüdür.

Müşteri: Çıktıyı alan kişi, grup veya süreçtir.

Süreçteki basamakların özelliğini ve akışını göstermek amacıyla grafiksel sembollerini kullanan TGSCM diyagramını kullanmanın yararları aşağıdaki gibidir:

- Kişilerin işi süreç bakış açısına göre görmesine yardımcı olur.
- Tek ve basit bir diyagramla fonksiyonlar arası bir seri faaliyeti gösterir.
- Her boyuttaki süreçlere hatta kuruluşa uygulanabilecek bir çerçeve kullanır.
- Diğer ayrıntıların eklenebileceği bir “büyük resim” bakış açısını korumaya yardımcı olur (Pande, 2004, s.206).

TGSCM diyagramı hazırlanırken aşağıdaki adımlar takip edilir (Simon, 2006);

- Süreç ile başlanır.
- Süreç çıktıları tanımlanır.
- Sürecin çıktılarını alacak müşteriler tanımlanır.
- Sürecin tam anlamıyla çalışabilmesi için gerekli girdiler tanımlanır.
- Sürecin gerektirdiği girdileri sağlayan tedarikçiler tanımlanır.
- Müşterinin ihtiyaçları tanımlanır.

2.9.1.4. Ürün Başına Hata Oranları

Altı Sigma metodolojisinde temel ölçü, milyonda hatadır (ppm- part per million). Milyonda hata, milyon tane üretirken tamir edilen ya da tamir edilemeyip hurdaya ayrılan tüm hataları içermektedir. Bu hata kavramı, son üründe oluşan hata değil üretim sürecinin her bir aşamasında oluşan hataların toplamıdır.

Sigma seviyesinin bulunmasında kullanılan hata oranlarını hesaplayabilmek için, süreç kalitesi ve ürün kalitesi arasındaki farkı anlamak gerekmektedir. Ürün kalitesi, son testlerle belirlenen ve bitmiş ürünün özelliklerinin kontrol edilmesiyle elde edilen bir endekstir. Ürünün son halinin test edildiği kontroller, ürün kalitesi hakkında bilgi verirken asıl maliyetlerin olduğu süreç kalitesi hakkında bilgi vermemektedir.

İşletmenin verimliliğini ve karlılığını görebilmek için sürecin her adımında yapılan kontroller, tamirler ve hurdaya atılan parçaları dikkate alan bir endekse ihtiyaç duyulmaktadır. Bu endeks, süreçlerin gerçek kalitesi ile yani sigma seviyesi ile oluşturulmaktadır (Polat vd., 2005, s.30).

Hatalı Parçalar ve Başarı Oranı Ölçütleri

Hatalı parça oranı, üretilen ürünlerdeki bir ya da daha fazla hata oranını ifade etmektedir. Hatalı parça oranı;

$$\text{Hatalı Parça Oranı} = \text{Hatalı Çıktı sayısı} / \text{Toplam Çıktı Sayısı}$$

formülü ile hesaplanmaktadır.

Son Başarı Oranı, üretilen veya teslim edilen toplam üründen ne kadarının hatasız olduğunu göstermektedir. Son başarı oranı hesaplanan hata oranının 1' den çıkarılmasıyla hesaplanmaktadır.

$$\text{Son Başarı Oranı} = 1 - \text{Hatalı Çıktı Oranı}$$

Parça Başına Hata Ölçüsü

Parça başına hata ölçüsü, örnek parça toplamı üzerinden her türdeki ortalama hata sayısını yansıtmaktadır. Parça başına hata 1 olarak hesaplanmış ise her bir birimde bir hata vardır demektir. Ancak parçaların bazılarında birden fazla hata olabileceği gibi

bazılarında da hiç hata olmayabilir. 0,25'lik parça başına hata, parçaların dörtte birinde hata olması olasılığını göstermektedir.

Parça Başına Hata = Hata Sayısı / Parça Sayısı olarak hesaplanmaktadır.

Hata Olasılığına Dayalı Ölçüler

Olasılık Başına Hata Sayısı, bir grup içindeki toplam olasılıktaki hata oranını ifade etmektedir.

Olasılık Başına hata sayısı = Hata Sayısı / Parça * Hata

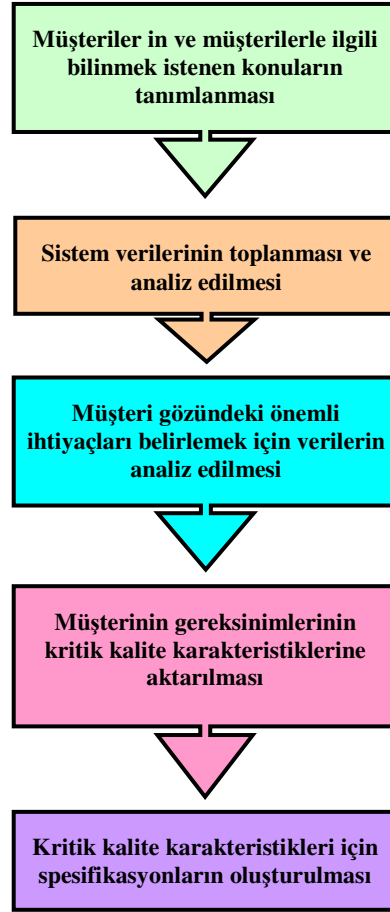
Milyon Olasılıkta Hata Sayısı (MOHS) (Defect Per Million Opportunity - DPMO) , bir milyon olasılıkta ne kadar hata olacağını göstermektedir (Pande vd, 2004, s.270-273).

Milyon Olasılıkta Hata Sayısı = Olasılık Başına Hata Sayısı * 1000000

Milyon olasılıktaki hata sayısı kriteri dikkatli bir şekilde tanımlanmalıdır. Hatalar oldukça açık bir şekilde ve ayrıntılı olarak belirlenmelidir (Pyzdek, 2003, s.106).

2.9.1.5. Müşterinin Sesi (Voice of Customer-VOC)

Müşterinin sesinin toplanması olarak da adlandırılan bu süreç müşterinin istek, ihtiyaç ve beklentilerinin ve ürünle ilgili şikayetlerinin kendi ifade ettiği biçimde elde edilmesidir. Kalite müşteriler tarafından değerlendirilir. Müşteri odaklı kalitenin gerçekleşmesi için sadece müşteri ihtiyaçlarının karşılanmasına değil aynı zamanda beklentilerin doğru şekilde anlaşılmasına da odaklanılmalıdır. Bu stratejik bir kavramdır ve müşteriler, üyeler, tedarikçilere hitap etmesi gerekmektedir (Grant vd, 1996, s.675).



Şekil 2-6: Müşterinin Sesi
Kaynak: Rath ve Strong, 2002, s.13

Müşterinin sesinin toplanması süreci, müşterilerle ilgili bilinmesi gereken konuların tanımlanmasıyla başlar. Daha sonra, sistemdeki veriler toplanır ve analiz edilir. Sistemdeki veriler toplandıktan sonra müşteriler için önemli olan veriler analiz edilir. Saptanan müşteri gereksinimleri kritik kalite karakteristikleri olarak belirlenir. Kritik kalite karakteristikleri doğrultusunda spesifikasyon limitlerinin oluşturulmasıyla süreç son bulur.

Müşterinin sesini dinleyerek zihninde yer alanları keşfetmeye ve bakış açısını belirlemeye olanak sağlayan yöntemleri;

- ❖ Görüşme
- ❖ Odak grup
- ❖ Anketler

- ❖ Müşteri şikayetleri
- ❖ Ürün ya da hizmeti kullanan müşterilerin gözlemlenmesi (Eckes, 2003, s.140).
- ❖ Gemba analizi (Gemba ürünün kullanıldığı gerçek ortam, diğer bir deyişle ürün ya da hizmetin müşteri için değere dönüştüğü yerdir.) Bu yöntem sayesinde müşterilerin kendilerinin de farkında olmadığı ihtiyaçlar, ürünün kullanımı gözlenerek ortaya çıkarılmaya çalışılır. Gemba analizinin başlıca yararları (Ronney, Olfe ve Mazur, 2000, s.4):

1. Müşteriler her şeyi söylemedikleri için Gemba ile söylenmeyen müşteri istekleri elde edilebilir.

2. Üretilen ürün ya da sunulan hizmet sadece kendi başına bir değer değildir. Ürün ya da hizmet müşterilerin tatmin edilmesine yarayan bir araçtır. Gemba ürün/hizmet ile müşterinin bulunduğu yerde ürün/hizmetin gerçek değerinin anlaşılmasını sağlar.

3. Ürün geliştirme sürecini optimize eder.

Daha sonra elde edilen bu istek ve ihtiyaçlar, proje ekibi tarafından anlam kaybına uğramayacak şekilde kısaltılır ve yakınlık diyagramından yararlanarak gruplandırılır.

Müşterinin sesini dinleyerek elde edilen ihtiyaçlar yalnız başına firma için pek anlamlı değildir. Müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilecek ürün geliştirme ve iyileştirme için elde edilen bu ihtiyaçların hangilerinin en yüksek önem düzeyine sahip olduğunun belirlenmesi önem taşımaktadır. Bu amaçla, hedef pazar kitlesini temsil edecek bir örneklem grubuna önem düzeyi anketi uygulanarak elde edilen bu ihtiyaçların önem düzeyleri ve hangi ihtiyaçlara öncelik verilmesi gerektiği saptanmış olur.

2.9.1.6. Yakınlık Diyagramı (Affinity Diagram)

Müşteri ihtiyaç ve beklentileri hakkında bilgi toplandıktan sonra toplanan bu bilgilerin düzenlenmesi gerekmektedir. Anket sonuçları, görüşme notları ve pazar

araştırmalarından elde edilen farklı bilgilerin birleştirilmesinde kullanılan yararlı bir araçtır. Grup üyeleri müşteri istek ve gereksinimlerini özet şeklinde kartlara aktarırlar. Daha sonra bu kartlar ilgili gereksinimleri gruplayacak şekilde düzenlenirler. Bu şekilde benzerlikler daha kolay tanımlanır ve anahtar ihtiyaçların gösterilmesi sağlanır (Brue ve Launsby, 2003, s.127).

Bir beyin fırtınası tekniği olan yakınlık diyagramı, her katılımcının kendi düşüncesini yazdığı ve sonra bu düşüncelerin konu ile ilişkili olarak gruplandırıldığı ve yeniden sıraya konulduğu ekip çalışmasıdır (Aktan, 2006, s.4).

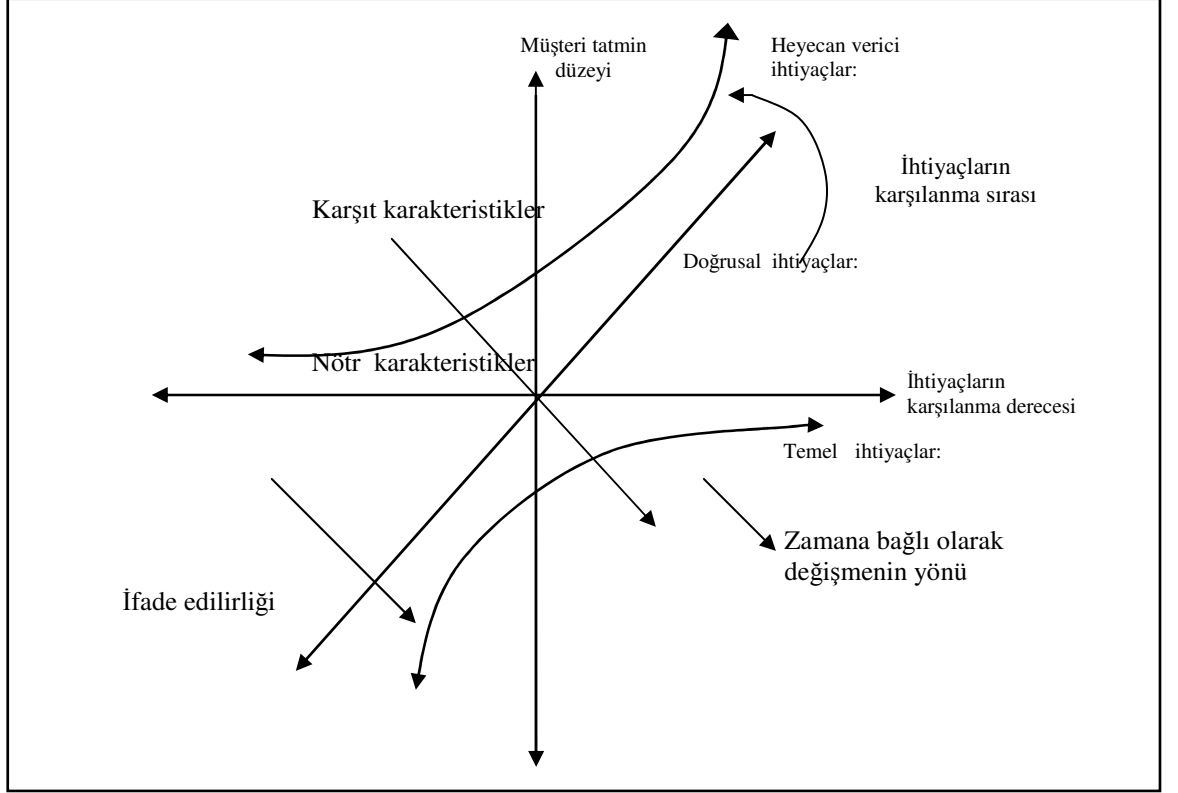
Yakınlık diyagramı;

- Yeni kurulmuş bir işletme için kalite kontrol politikalarının oluşturulması ve planların uygulanması,
- Yeni ürün, yeni bir proje veya yeni tekniklerle ilgili kalite kontrol politikalarının oluşturulması ve planların uygulanması,
- Yeni ürün ya da proje uygulamalarında kalite, güvence, pazar araştırmalarının idare edilmesi,
- Çeşitli gruplar içinde proje takımlarının yaratılmasını sağlamak gibi konuların gerçekleştirilmesinde yardımcı olmaktadır (Doğan, 2000, s.47).

2.9.1.7. Kano Modeli

Müşteri ihtiyaçlarının tanımlanıp önem düzeylerinin belirlenmesinin yanında, bu ihtiyaçların müşteri tatminini ne derecede etkilediğinin bilinmesi de müşteri memnuniyetinin ve uzun vadede müşteri sadakatinin yaratılmasında önem taşımaktadır. Bu nedenle firmalar, müşteri ihtiyaçlarının en doğru biçimde analiz edilmesini sağlayan Kano Modelinden yararlanmaya başlamışlardır. 1984 yılında Noritaki Kano tarafından geliştirilen bu model, firmaların müşteri istek ve ihtiyaçlarını karşılayabilme derecesi ile müşteri memnuniyeti arasındaki ilişkiyi anlatan bir modeldir. Kano Modelinin grafiksel gösterimi şekil 2-7’de yer almaktadır. Grafiğin yatay ekseni ürün veya hizmetin müşteri

ihtiyaçlarını karşılayabilme derecesini gösterirken, dikey eksen ise ihtiyacın karşılanması sonrası ortaya çıkan müşteri memnuniyet düzeyini ifade etmektedir.



Şekil 2-7: Kano Modeli
Kaynak: Şahin, 2004, s. 734

Müşteri ihtiyaçlarını karşılamada firmanın performansı ile müşteri memnuniyeti arasındaki ilişkiyi ortaya koyan bu modele göre üç türlü müşteri ihtiyacı bulunmaktadır (Kaynak: Şahin, 2004, s.733; Matzler vd, 1996, s. 6-7).

- Temel İhtiyaçlar (Must-be or Existing)
- Doğrusal İhtiyaçlar (One –dimensional or Expected)
- Heyecan Verici İhtiyaçlar (Attractive, Latent, Unexpected or Exciting)

Temel ihtiyaçlar, müşterinin zaten var olmasını beklediği ürün karakteristikleridir. Temel ihtiyaçlar üründe bulunması beklendiği için müşteriler tarafından ifade edilmezler. Bu özelliklerin üründe bulunmaması çok büyük

memnuniyetsizliğe neden olurken, bulunması ise müşteri memnuniyetinde bir artış meydana getirmez.

Doğrusal ihtiyaçlar, müşterilerin üründe aradığı ve istediği özelliklerdir. Müşteri memnuniyeti bu ihtiyaçların karşılanma düzeyi ile doğru orantılıdır.

Heyecan verici ihtiyaçlar ise müşteriler tarafından açık bir biçimde ifade edilmeyen ancak oldukları durumda da müşteride büyük memnuniyet yaratan ürün özellikleridir. Bu ihtiyaçların karşılanmaması memnuniyetsizliğe neden olmaz ancak tatmin edilmesi müşteriyi heyecanlandırır.

Bu üç kategorinin yanında nötr ve karşıt ihtiyaçlar olmak üzere iki farklı ihtiyaç tipi daha tanımlanabilir. Bunlar gerçek müşteri ihtiyaçları olmadıkları için karakteristikler olarak da adlandırılmaktadır (Tontini, 2000, s.728).

Nötr karakteristikler, ürün veya hizmette bulunup bulunmaması, müşteri memnuniyetinde herhangi bir etkiye neden olmayan ürün özellikleridir. Nötr karakteristikler, müşteri tarafından hiç kullanılmayan ya da nadir olarak kullanılan ürün özellikleri ya da karakteristikleridir. Karşıt karakteristikler ise üründe bulunması memnuniyetsizliğe yol açan ihtiyaçlardır.

Kano Modeliyle, müşteri ihtiyaçlarını sınıflandırarak müşteri memnuniyetine en yüksek düzeyde etkide bulunabilecek ürün özellikleri tanımlanabilir. Bu şekilde ürün geliştirme ve iyileştirmede öncelikli ihtiyaçlara odaklanılabilir.

2.9.1.8. Kritik Kalite Karakteristikleri (CTQ- Critical to Quality)

Kritik kalite karakteristikleri, süreçte üretilen ürün veya hizmet kullanımı için uygunluğu etkileyen karakteristiklerdir. Kritik karakteristik olarak adlandırılan bu karakteristikler firmaların başarısında oldukça önem taşımaktadır (Pyzdek, 2003, s.106). Kritik kalite karakteristikleri; müşteri memnuniyetini sağlamak amacıyla istatistiksel

kontrol gerektiren ürün, hizmet veya sürecin spesifik bölümleri için önemli olan seçilmiş ve ölçülebilir karakteristiklerdir (Brue ve Launsby,2003, s.9).

Altı Sigma süreç iyileştirmenin yapılabilmesi için istatistiksel araçlar ve kalite yönetimini kullanmaktadır. Amaç; tüketici gereksinimlerini yansıtan performans ölçü düzeylerini geliştirmektir. Birçok ölçü kritik kalite karakteristiği olarak ifade edilmektedir.

Kritik kalite karakteristikleri, sistematik bir yaklaşım olan TÖAİK yolu ile geliştirilmektedir. Tanımlama aşamasında, problem belirlenir, projenin potansiyel yararları ve müşteri etkisi tanımlanır. Ölçme aşamasında, ürün veya hizmetin kritik kalite karakteristikleri tanımlanır, ölçüm yeterliliği belirlenir ve mevcut sürecin performansı tanımlanır. Analiz aşamasında, hataya neden olabilecek anahtar değişkenler belirlenir, hataların ana nedenleri açığa çıkarılır. İyileştirme aşamasında, kritik kalite karakteristikleri üzerindeki süreç değişkenlerinin etkileri belirlenir, bu değişkenlerin kabul edilebilir limitleri tanımlanır, süreç kritik kalite karakteristikleri hata düzeylerini azaltacak şekilde yeniden düzenlenir. Kontrol aşamasında, süreç iyileştirmesinin uzun dönem sağlanabilmesi için süreç kontrol altında tutulur. Altı Sigma projelerinde, proje ilerlemeden önce kritik kalite karakteristiği gibi performans ölçüleri iyi tanımlanmalıdır (Goh ve Xie, 2004, s.236-238).

2.9.2. Ölçme Aşaması

Ölçme aşaması, işletme içinde Altı Sigma uygulanacak olan iş süreçlerinin seçim aşamasıdır. Tüm problem çözme teknikleri ve istatistiksel teknikler de uygulanılarak, Altı Sigma iş süreçlerinin mevcut durumları ortaya çıkarılmaktadır. Bu aşamada, mevcut performansı ve problemin büyüklüğünü belirlemek için süreç ölçülür. İlk önce Altı Sigma hesaplamaları için neyin bir zayıflık, bir fırsat ve ölçüm birimi oluşturduğu tanımlanır. Bir veri toplama planı hazırlandıktan sonra, gerekli verilerin tanımlanmasından sorumlu insanlar belirlenmelidir (Hong ve Goh, 2003, s.370).

Ölçme aşamasının hedefi, mevcut durum hakkında bilgi toplamak, mevcut süreç performansı hakkında temel verileri elde etmek ve problem alanlarını teşhis etmektir. Kullanılan bilgi, uygulamalar ve metotların belirlenmesini sağlamak için ölçme aşamasına geçilmektedir (Mahanti ve Antony, 2005, s.741; Man, 2002, s.198).

Ölçme aşaması, süreç parametreleri ve projelerin performansının ölçümünü içermektedir. Bu aşamanın anahtar bileşenleri (Basu ve Wright, 2003, s.47);

- Girdi, çıktı ve süreç için neyin ölçüleceğinin belirlenmesi,
- Verilerin toplanması için plan yapılması,
- Değişkenlerin analizi ve sonuçların onaylanması,
- Kabul edilen süreç yeterliliği için sigma performans düzeyinin belirlenmesidir.

Ölçme aşamasının amacı, var olan süreç durum ve problemlerinin gerçeklere dayalı bir anlayış içinde oluşturulması ile problemlerin kaynak ve yerlerinin işaret edilmesidir. Bu bilgi, analiz aşamasında araştırılması gereken potansiyel neden alanlarının daraltılması konusunda yardımcı olmaktadır. Ölçme aşamasında en sık kullanılan araçlar (Rath ve Strong, 2002, s.21);

- Veri Toplama Planı
- Veri Toplama Formları
- Kontrol Grafikleri
- Frekans Poligonları
- Ölçüm Sistemi Analizi (Gage R&R)
- Pareto Şeması
- Öncelik Matrisleri
- Hata Türü ve Etkileri Analizi
- Süreç Yeterliliği
- Örneklem
- Tabakalandırma
- Zaman Serileri

2.9.2.1. Veri Toplama Planı

Veri toplama, sorun çözme çevrimlerinde çoğunlukla bir başlama noktası olmaktadır. Veri, sorun çözme ve iyileştirme çalışmalarında kullanılan en önemli kılavuzlardan birisidir. Süreç iyileştirme çalışmalarında müşteri gereksinimleri ve süreç performansı arasındaki farkı azaltmak için ne tür bilgiye gereksinim olduğunun saptanması oldukça önemli bir konudur. Organizasyonlarda veri kaynakları; süreç, ürünler, maliyetler, müşteriler, tedarikçiler, muayene ve deney, çalışanlar, idari işler, satış ve personel gibi konularda olmak üzere sınırsızdır. Toplanan verilerden elde edilen bilgilere göre gerekli düzeltici faaliyetler planlanır. Ancak veri toplama işine başlamadan önce ne yapılacağı belirlenmesi çok önemlidir, bir başka anlatımla veri toplama amacı açık bir şekilde ortaya konulmalıdır.

Veri elde edildikten sonra, bilgi kaynağı olarak kullanılması amacıyla analiz edilirken çeşitli istatistik yöntemlerden yararlanılmaktadır. Bu amaçla veri toplanırken; sorun çözme sürecinin daha sonraki aşamalarında kolaylıkla kullanılacakları şekilde düzenlenmelidir. Bu bağlamda veri kaynağı önem kazanmaktadır. Veri toplamada kullanılan kontrol grafiklerinin iki temel amacı vardır;

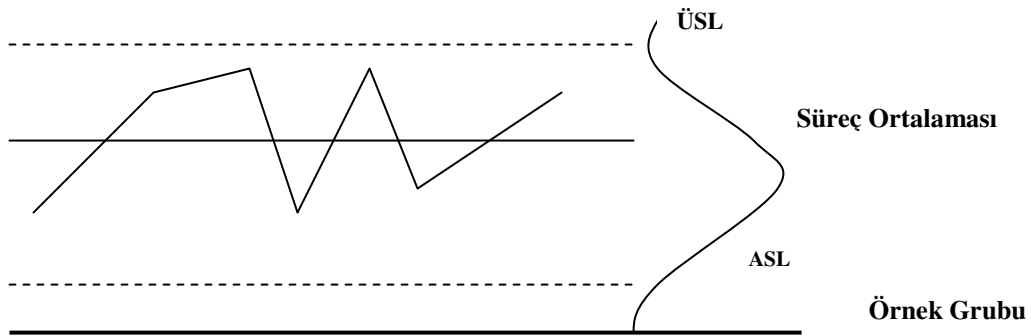
- ✓ Amaca uygun veri toplanmasını kolaylaştırmak,
- ✓ Veriyi toplarken düzenleyerek daha sonra kolaylıkla kullanılacak duruma getirmektir (Bozkurt, 2003b, s. 176- 177).

İstatistiksel Süreç Kontrol (İSK) çalışmalarında, kullanılan tüm teknikler için veri toplama bir başlangıç aşaması olup yapılan tüm çalışmaları ve alınan tüm kararları doğrudan etkilediği için oldukça önemlidir. Bu nedenle konu, amaç ve örnekleme metodu çok iyi seçilmeli, hassasiyeti kontrol edilmeli, verilerin tarihi ve kaynağı, ölçme aletleri ve ölçümü yapan kişi kaydedilmelidir.

2.9.2.2. Kontrol Grafikleri

Kontrol grafikleri, değişkenliğin şansa bağlı mı yoksa kontrol edilebilir bir faktöre bağlı mı olduğunu ortaya çıkarır. rnek ortalamalarını ifade eden bir orta çizgiden ve alt ve st limitleri ifade eden kesikli alt ve st çizgilerden oluşur. İncelenen rnek grubunun niceliksel ya da niteliksel özelliklere ilişkin değerleri grafiğin içine yerleştirilerek sürecin kontrol altında olup olmadığı belirlenir (Gümüşoğlu, 2000, s.144)

Özel ve genel varyasyonun tanımlanması ve birbirinden ayrılması için kullanılan kontrol grafiklerinin süreç ortalamasını temsil eden bir ortalama değeri ve süreç varyasyonu hakkında bilgi veren alt ve st kontrol sınırları vardır. Kontrol grafikleri bazı süreç/ürün /hizmet karakteristiklerinden alınan örneklerle oluşturulur. Kontrol sınırları örnek olarak alınan alt gruplarda olan varyasyona dayandırılır. Bu şekilde alt gruplar arasındaki varyasyon kontrol sınırlarının hesaplanmasında bilerek dışlanır; genel süreç değişimi kontrol sınırlarının hesaplandığı varyasyon olur (Bozkurt,2003b, s.105).



şekil 2-8: Kontrol Grafiği
Kaynak: Gümüşoğlu, 2000, s.144

Kontrol grafikleri, program planının izlenmesi ve kontrol edilmesi, değişikliği düzgün bir şekilde yönetmek ve azaltmak için program yönetiminin çok önemli bir noktasıdır. ngrlebilirlik bir programdaki önemli başarı faktörlerinden biridir. Altı Sigma metodolojisinde kullanılan kontrol grafikleri, değişikliğin izlenmesine ve tahmin yapılmasına yardım eder.

Sürecin kontrol altında olup olmadığı, belirlenebilir nedenlerin bulunup bulunmadığı gibi soruları sistematik bir şekilde cevaplandırmaya çalışan bir grafiksel araç olan kontrol diyagramları, bir süreci kontrol altında tutmaya çalışırken, işlenebilecek iki tip hatayı engellemek amacını taşır:

- Genel nedenler mevcut değilken bunları aramaya kalkışmak ve gereksiz önlemler almak
- Özel nedenler mevcut olduğu halde bunların farkına varmamak ve önlem almakta geç kalmak

Kontrol grafiklerinin amacı, hataların doğuracağı kayıplarla, bunları bulmak için katlanılacak maliyet arasında bir denge kurarak süreci işletmeye devam etmektir. Süreç içi kontrol tekniklerinin etkinliğinin artırılmasında kullanılan bir başka teknik olan kontrol grafikleri, özel ve genel değişkenliğin tanımlanması ve birbirinden ayrılması için kullanılır (Bozkurt, 2003b, s.105). Süreçte değişkenlik oluşturan nedenler süreç kontrolü açısından iki grupta toplanabilir:

Genel nedenler: Genel nedenler doğal değişkenliği meydana getiren faktörler ile ilgilidir. Genel nedenler zamanla kararlı olan ve öngörülebilir olan dağılımı ortaya çıkarır (Seshadri vd., 2004, s.788). Genel nedenlerden kaynaklanan değişkenlik, süreç içinde kontrol altında tutulmasına imkan olmayan birçok küçük faktörün birleşimidir. Gözlenen veya ölçülen bu değişimin çok sayıda olan ve bir kısmı kolayca görülemeyen bu faktörlerden hangisinden kaynaklandığını saptamak zordur. Genel nedenler, bir süreçte her zaman olan ve sürecin bütün unsurlarını etkileyen küçük kaynaklardan ve onların birleşmesinden oluşmaktadır (Bozkurt, 2003b, s.103-104). Genel nedenlerin süreçte meydana getirdikleri küçük değişimler doğal kabul edilmektedir. Kontrol limitleri belirlenirken, rastsal nedenlerin yol açtığı değişimlerin bu limitleri aşmaması istenir. Bu değişimler kontrol limitleri içinde kaldıkça, süreç kontrol altında kabul edilir ve herhangi bir düzeltici önlem alma yoluna gidilmez (Serarslan, 1995, s.4-5).

Kalite programının niteliği, ürün tasarımının yetersizliği, tezgahların gerekliliklere uygun olmaması, kötü çalışma koşulları değişkenliği oluşturan genel nedenlere örnek olarak verilebilir (Bozkurt, 2003b, s.103-104).

Özel nedenler: Özel nedenler ise genel nedenler aracılığıyla yeterli derecede açıklanamayan varyasyona neden olan faktörlerle ilgilidir. Özel varyasyon nedenleri var olduğunda süreç çıktısı kararlı değildir ve öngörülemez (Seshadri vd., 2004, s.788). Oluşma nedeni belirlenebilen ve giderilmesi mümkün olan bu özel nedenler, süreçte büyük çaplı değişime yol açarlar. Tasarımı iyi yapılmış bir istatistiksel süreç kontrol sisteminde belirlenebilir nedenlerin varlığı daha çabuk anlaşılabilir ve düzeltici önlemlerle sürecin tekrar yoluna girmesi sağlanır (Serarslan, 1995, s.5).

Özel nedenlerin yol açtığı değişkenlik sistem dışındadır. Özel nedenlerin bulunması, onlardan korunulması ve ortadan kaldırılması süreçle doğrudan ilgisi olan insanların sorumluluğundadır. Özel nedenin bulunup ortadan kaldırılması ne kadar gecikirse işletmenin zararı o derece büyük olmaktadır (Bozkurt, 2003b, s.104).

2.9.2.3. Frekans Poligonları

Değişkenlerle ilgili veriler genellikle frekans poligonları ya da histogramlarla gösterilir. Bir frekans poligonunda, yatay eksen üzerinde bölüm aralıklarının orta noktaları dikey eksen üzerinde ise bölümün frekansı çizilir. Daha sonra, noktalar çizgi ile birleştirilir ve poligonun tamamlanması için en küçük bölümün önüne ve en büyük bölümün üst tarafına birer bölüm daha eklenir ve değerleri sıfır kabul edilir (Bozkurt, 2003b, s.68) .

Bir frekans poligonu hangi sıklıkta değişik değerlerin ortaya çıktığını göstererek verinin şeklini veya dağılımını belirtir. Sürecin müşteri ihtiyaçlarını karşılama konusunda yeterli olup olmadığının anlaşılmasını sağlamaktadır (Rath ve Strong, 2002, s.38).

2.9.2.4. Ölçüm Sistemi Analizi (Tekrar Edebilme Ve Yeniden Üretilirlik Ölçümü Gage R&R)

Ölçüm sisteminden kaynaklanan değişkenliğin sıfır olması beklenemez. Yani ölçüm sistemi değişkenliği hiçbir zaman sıfır olamaz. Dolayısıyla önemli olan, ölçüm sisteminden kaynaklanan değişkenliğin toplam değişkenliğe oranının düşük olmasıdır. Eğer bu oran yeterince küçükse ölçüm sistemi Gage R&R açısından yeterli denilebilir. Gage R&R denilen endeks, ölçüm sisteminden kaynaklanan değişkenliğin toplam değişkenliğe oranı ile hesaplanmaktadır. Gage R&R değerinin %30'dan daha düşük olması beklenmektedir (Polat vd.,2005, s.95).

Ölçüm (Gage) varyasyon çalışması, ölçüm yeniden üretirlik (reproducibility) ve tekrarlanabilirlik (repeatability) analizlerini gerektirir.

- Yeniden üretirlik (reproducibility), ölçümleri alan farklı operatörlerden kaynaklanan varyanstır. Aynı parça üzerindeki bir parametrenin farklı kontrol elemanlarınca birçok defa ölçüldüğünde ortaya çıkan değişkenliktir. Yeniden üretirlik operatörlerin birbirleri arasındaki farklılara göre hesaplanmaktadır.

- Tekrarlanabilirlik (repeatability), ölçüm cihazının kendisinden kaynaklanan varyanstır. Aynı parça üzerindeki bir parametrenin aynı ölçüm cihazı kullanılarak bir kontrol elemanı tarafından birçok defa ölçüldüğünde ortaya çıkan değişkenliktir. Yinelenebilirlik her operatörün kendi içindeki tekrar edilebilirliğini test etmektir (Polat vd.,2005, s.95).

- Ölçüm varyasyonu, yeniden üretirlik ve tekrarlanabilirlik değerlerinin kombinasyonudur.

Genellikle ölçümlerin doğru olduğu kabul edilir. Fakat ölçüm işleminin birçok yönü (ölçüm cihazı, operatör, yöntem) varyasyona tabidir. Birçok durumda, ölçüm süreci ölçülen parçalardan daha çok varyasyona sebep olabilir.

- Toplam varyasyon = ölçüm varyasyonu + ürün varyasyonu

▪ Ölçüm varyasyonu= yeniden üretilebilirlik varyasyonu + tekrarlanabilirlik varyasyonu

Sürekli değişkenler için istenen karakteristikler (Rath ve Strong, 2002, s.41);

Doğruluk: Ölçümün doğruluğu, yapılan bir dizi ölçüm değerlerinin ölçülen kalite karakteristiğine gösterdiği uyumdur. Bir başka faaliyette doğruluk, ölçüm değerlerinin ortalaması ile ölçülen kalite karakteristiğinin gerçek değeri arasındaki farktır. Doğruluk genellikle tekrarlanan ölçümlerin ortalamasının bilinen standart bir değer ile karşılaştırılması sonucu test edilir.

Tekrar Edilebilirlik: Aynı insanın aynı parçayı ölçerken aynı sonuçları elde edebilmesidir.

Yeniden Üretilebilirlik: Aynı kalite karakteristiği, iki farklı kişi tarafından aynı cihaz kullanılarak ölçüldüğünde aynı değerlerin bulunmasıdır.

Durağanlık: Tek bir kişi tarafından aynı şekilde alınan ölçümlerin zaman karşısında az değişmesi veya hiç değişim göstermemesidir.

2.9.2.5. Pareto Şeması

Pareto şeması, sorunların tanımlanması ve çözümleri için önceliklendirilmesi amacıyla kullanılan bir araçtır. Bu araç, sorun çözme sürecine başlama yerinin seçilmesi, gelişmelerin izlenmesi ya da bir sorunun temel nedeninin tanımlanması için bütün sorunların göreceli önemini gösterilmesinin gerekli olduğu durumlarda kullanılır. Pareto, azalan bir sırada düzenlenmiş ve sorunun frekanslarını gösteren çubuk şemadır. Çoğunlukla bir sorun çözme aracı olarak düşünülen Pareto şeması ile sorunun nasıl çözüleceğinden çok, hangi sorunların çözüleceği belirlenmektedir (Bozkurt, 2003b, s.182).

Pareto şeması, kuruluştaki sorunların % 80'inin, yerine getirilen işlemlerin %20'sine dayandığı mantığı ile problemleri ve nedenleri derecelendirir. Pareto şemasında en önemli neden öncelikli olarak ele alınmalı ve giderilmesi sağlanmalıdır. Bu analiz sürekli olarak sürdürülerek hata nedenleri azaltılır (Gümüšoğlu,2000, s.142–143). Normal dağılımda sebeplerin en önemli %20'si, sonuçların %80'ini sonra gelen %30'u, sonuçların %15'ini ve geri kalan %50'si ise sonuçların sadece %5'ini oluşturmaktadır. Maliyetin yaklaşık %80'inin elemanların sadece %20'sinden kaynaklandığı bir durum bu konuya bir örnektir. Bu oranlar sebebiyle Pareto prensibine literatürde “80-20”, “90-10 “ kuralı veya “70-30 “ kuralı da denir. ABC analizi olarak da isimlendirilen Pareto şeması, alışılmış temel ayırım metodu veya önceliklerin belirlenmesi olarak kullanılmaktadır (Özcan, 2001, s.152).

Pareto şeması; kompleks problemlerin çözümü için gerekli hareketleri önceliklendirme, probleme katkıda bulunan önemli sebepleri önemsizlere göre ayırma, değişiklikler yapıldıktan sonra gelişmeleri ölçme amacıyla kullanılır.

Pareto şemasının amaca hizmet eder nitelikte oluşturulabilmesi için, sebeplerin önem sırasına göre gösterilmesi gerekir. Sebep-sonuç analizinden sonra, sorunların temel sebeplerinin belirlenmesine gerek vardır.

Pareto şemasının oluşturulmasında izlenmesi gereken adımları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

❖ Yoğun işlemlere ilişkin sorun ve süreçlerden başlanmalıdır. Bu nedenle, Pareto şemasının sebep-sonuç analizinden sonra yapılması faydalı olacaktır. Sorunlarla ilgili veriler kategorize edilmelidir.

❖ Toplanan verilerle elde edilen kategoriler azalan sırada diyagrama yerleştirilmeli ve verilerin toplam içindeki yüzdesi hesaplanmalıdır.

❖ Şemanın dikey eksenine ölçülen olayın, ölçüm birimi veya adı yazılmalıdır. Eksen sıfırdan başlayarak tüm oluşumların toplamının kaydedilebileceği eşit aralıklara bölünmelidir.

❖ Şemanın yatay eksenini eşit aralıklarla bölünerek, her aralık değişik kategorileri ifade edecek şekilde tanımlanmalıdır.

❖ En sık tekrarlanan kategori en solda yer alacak şekilde ve azalan seyir ile sağa doğru daha düşük frekanslı kategorilerle devam edilmelidir.

Pareto şeması oluşturulurken;

- Çalışma için problem ve zaman dönemleri tanımlanmalı,
- Analiz edilecek veri türleri tanımlanmalı,
- Kullanılacak ölçüm formu tanımlanmalı,
- Örnek veri toplanıp sınıflandırılmalı,
- Veri sayısı belirlenerek azalan sırada ayarlanmalıdır.

2.9.2.6. Öncelik Matrisleri

Bir ekseninde kriterleri bir ekseninde seçenekleri gösteren L biçimli bir matristir. Öngörülen kriterler bazında en iyi seçenekleri belirlemek için kullanılır. Öncelik matrisleri için iki uygulama mevcuttur;

1. Çıktı değişkenlerini müşteri ihtiyaçları ile ilişkilendirmek
2. Girdi ve süreç değişkenlerini çıktı değişkenleri ile ilişkilendirmek.

Bu teknik çok kriterli karar verme yönteminin sadeleştirilmiş biçimidir. Konuya uygun karar kriterlerinin kullanımı ile alternatifler sistematik olarak birbirleriyle kıyaslanabilir ve ağırlıklandırılarak önceliklendirilebilir.

Bu önceliklerin belirlenmesi teknik çerçevesinde gerçekleştirilen ilk aşamadır. İkinci aşamada her seçenek öncelikler göz önünde tutularak birbirleri ile kıyaslanır. Tekniğin en önemli faydası, karar vericilerin belli öncelikler ve bunların ağırlıkları üzerinde uzlaşmalarıdır.

Veri toplama çabasına odaklanabilmek, ölçülmesi ve analiz edilmesi gerekli kritik değişkenleri tanımlayabilmek, sebepler ve etkileri hakkında teoriler formüle edilmesini sağlamak amacıyla kullanılabilen öncelik matrislerinin oluşturulmasında izlenmesi gereken adımlar aşağıdaki gibidir (Rath ve Strong, 2002, s.24-26);

- Bütün çıktı değişkenleri listelenir.
- Çıktı verileri sıralanır ve ağırlıklandırılır.
- Bütün girdi ve süreç değişkenleri listelenir.
- Çıktı ve Girdi/ Süreç değişkeni arasındaki bağıncü değerlendirilir.
- Ağırlık ve korelasyon faktörü karşılıklı çarpılır.
- Kritik değişkenler belirlenir.

2.9.2.7. Hata Türü ve Etkileri Analizi

Hata türü ve etkileri analizi (HTEA); bir ürün ya da süreçte meydana gelebilecek hataların, önceki deneyimler ya da teknoloji kullanılarak tahminlenmesi ve bu hataların olmaması için yapılan bir planlamadan oluşan analitik bir tekniktir (Besterfield vd., 1999'dan aktaran Yenginol, 2000, s.123). İşletmeye zarar verebilecek hatalı ve başarısız ürünlerin piyasaya sürülmesi olasılığını önlemeye yarayan Hata Türü ve Etkileri Analizi tekniğı sezgisel bir yaklaşıma dayanmamaktadır (Yılmaz, 2000, s.134).

HTEA, hataların önlenmesi için düzeltici ve önleyici faaliyetleri tanımlamaktadır. Böylece ürün veya hizmette en yüksek dayanıklılık, kalite ve güvenilirlik sağlanacaktır. HTEA, hatalar ortaya çıkmadan önce bir sistematik yaklaşım çerçevesinde, geçmiş verilere dayanarak potansiyel hataların önceliklendirilmesini ve tedbir alınmasını sağlayan bir metottur. HTEA, sadece tasarım veya sürece ait potansiyel hata türlerini dokümanete etmek değil aynı zamanda konu ile ilgili tüm sorumlu kişilerin birbirleri ile iletişimini sağlamalarına da yardımcı olmaktadır (Erginel, 2004, s.19).

Ürün yaşam dönemi boyunca görülebilecek olan potansiyel hata türlerini, bu hataların ürün fonksiyonelliğine olan etkilerini tanımlayan bir teknik olan HTEA; ürün

ve süreç dizaynında ve güvenilir tahmin yapmada temel bilgi sağlamaktadır. HTEA; ürünlerdeki potansiyel problemlerin önceden bulunmasına katkı sağlar. HTEA sürecinde ürün fonksiyonları dikkatli bir şekilde değerlendirilmeli ve potansiyel hatalar listelenmelidir. HTEA güvenilir tahminlemede ve kalite planlamada kullanılan oldukça yararlı bir araçtır (Teng ve Ho, 1996, s.9).

Hata türü ve etkileri analizi ile ilgili bazı kavramlar aşağıda tanımlanmıştır (Yenginol, 2000, s.123).

- Hata Türü: Belirlenen sistem fonksiyonunu yerine getirmede parçanın ya da ürünün hatalı olma durumudur.
- Hata Etkisi: Hata türünün tüketici ya da ürünün kullanıcısı üzerinde yarattığı etkilerdir.
- Hata Nedenleri: Hata türünün nasıl oluşacağını belirler ve hata türünün nasıl kontrol edilmesi veya düzeltilmesi gerektiğini tanımlar. Bir hata türünün birden çok nedeni olabilmektedir.
- Oluşum: Bir analiz ve değerlendirme kriteridir. Hata türlerine yol açabilecek bir nedenin gerçekleşme sıklığıdır. Oluşum sıralama numarası 1 ile 10 arasında değişir. Hatanın oluşma sıklığı çok düşükse 1 değerini, çok yüksekse 10 değerini alır.
- Belirleme: Sistemdeki kontrol sistemlerinin hata türünü bulma yeteneğini tanımlar. Belirleme ölçeği de 1 ile 10 arasında değişmektedir.
- Önemlilik: Hata türünün tüketici ya da ürünün kullanıcısı üzerinde yaratacağı etkinin değerlendirilmesidir. 1 ile 10 arasında değişen bir ölçekle temsil edilir.
- Risk Öncelik Puanı (RÖP): Oluşum, belirleme ve önemlilik sıralamalarının çarpımı ile hesaplanır.

HTEA'nın kolektif bir şekilde tamamlanması süreci, üretim, süreç mühendisliği, ekipman mühendisliği, test veya ürün mühendisliği gibi tüm paydaş gruplarından bir temsilcinin ve bir aracının bir araya getirilmesini içerir. Süreç, bir araç veya aygıt şeması ve bir süreç haritası (işletme süreç analizine benzer) ile başlar. Sürecin her aşamasında, ürüne zarar verecek şekilde nelerin meydana gelebileceğini proaktif bir şekilde belirlemek için süreç sistematik olarak dikkatle incelenir. Olayın

ciddiyetine, meydana gelme olasılığına ve arızayı tespit etme becerisine bağı olarak her faaliyet için bir risk öncelik puanı atanır. RÖP'nın şiddeti yüksekse, genellikle 120'den büyük olarak tanımlanır (Altı Sigma organizasyonu için 60), düzeltici eylemler gerçekleştirilerek rakam düşürülmelidir. İyi bir HTEA, pek çok problem kaynağını meydana gelmeden önce tahmin edebilir ve giderilebilir. HTEA süreci, optimizasyon için tasarlanmış bir deney gerektiren alanları tanımlayabilir veya eğer potansiyel problemlere maruz kalma çok büyük ise yeni metroloji ekipmanının satın alınmasını dahi gerektirebilir (Raisinghani vd., 2005, s.497).

Bir mamulde oluşabilecek tasarım veya süreç kökenli tüm hata türlerinin sistematik olarak yapılan bir analizi olan HTEA; her tür hata/arızanın, müşteri üzerinde oluşturacağı olası etkilere göre analizler yapmaktadır. Bu analizlerin hepsi ürün daha pazara çıkmadan önce hatta tasarım ve/veya deneme üretimleri sırasında gerçekleşir. Böylece herhangi bir hatanın daha oluşmadan önlenmesi sağlanmaktadır.

2.9.2.8. İstatistiksel Süreç Kontrol

Süreç kontrolü, optimum süreç çıktılarından sapmaları bulmaya çalışan ve ürün kalitesinden taviz verilmeden önce süreç kaydırmalarını aramak için proaktif araçlar kullanan üretim sürecinin bir fonksiyonudur. Bu amaçla kullanılan tekniklerden en belirginini İstatistiksel Süreç Kontrolü (İSK)'dür. Basit bir üretim sürecinde İSK'nın kullanımı, belirli bir sürecin çıktısının ölçüldüğü ve tablolandırıldığı kontrol grafiklerinin kullanımını kapsamaktadır.

Bir ürün veya sürecin belirli şartları vardır ve bu şartlar son müşteri için işlevsellik ve faydalılık ile ilişkilidir. Bu şartlar ürün spesifikasyonlarında belirtilir ki, bu spesifikasyonların dışında ürün genellikle değersiz olarak düşünülür ve hurda oluşturur. Buna ürün kontrolü denir. Süreç kontrolü, ürün şartları ile değil üretim becerisi ile ilişkilidir. Bunun bir örneği, bir sürecin normal koşullar altında pek çok kereler çalıştırılmasını ve çıktısının ölçülmesini içerir. Yeterli veri toplandıktan sonra dağılım parametreleri hesaplanır. Süreç çıktısında ortalama 3 standart sapmada (sigma) limitler yerleştirilir. Sürecin sonraki çalıştırmaları spesifikasyon limitlerine göre değil

bu limitlere göre değerlendirilir. Bu limitlerin dışındaki bir ölçüm süreçte bir şeyin değiştiğini veya kaydığını ve çıktının normal olmadığını gösterir. Bu noktada sürecin kontrol altına alınması gerekmektedir (Raisinghani vd., 2005, s.496).

İSK, imalat operasyonlarında süreç içi kontrolü sağlayacak kontrol grafikleri, süreç yeterlilik analizi ve örnekleme muayeneleri gibi çeşitli uygulamaları içerir. Yeterlilik çalışması bir tezgah ya da sürecin ürünü spesifikasyonlara uygun olarak üretip üretmeyeceğini gösterir. Yeterlilik çalışmasında muayene edilen bütün ürünlerin spesifikasyonlar içerisine düşmesi tezgahın gerekleri karşılayabileceğini gösterir. Diğer yandan, bir yeterlilik çalışması ürünlerin belli bir bölümünün her zaman spesifikasyon toleranslarının dışına çıkabileceğini gösterebilir. Böyle bir durumda toleranslar ya da tezgah gözden geçirilmelidir (Bozkurt, 2003a, s. 67).

2.9.2.8.1. Altı Sigma Metodolojisi ve Süreç Yönetimi

Süreç yönetimi Altı Sigma ile ortak birçok amaç paylaşmaktadır. Süreç yönetimi, süreç iyileştirmek için kalite metotlarının kapsamlı düzenlemelerini uygulamaya koymamaktadır. Süreç yönetimi maliyet, verimlilik ve çevrim zamanı ölçümlenmelerine odaklanmakta, ancak süreç yeterlilik ya da süreç performans kararlılığına yeterli ilgiyi göstermemektedir. Süreç yeterlilik Altı Sigma'nın başlangıç noktasıdır. Altı Sigma süreç yeterliliğini ve süreç performansını iyileştirmede süreç yönetimi ve kalite metotlarını birlikte kullanmaktadır. Süreç performansı, sürecin işleyişinin ne kadar iyi düzeyde olduğunun ölçümüdür. İdeal süreç performans düzeyi ile gerçek süreç performans düzeyinin karşılaştırılmasıyla ölçülmektedir. Birçok süreç için performans düzeyi kararlı değildir. Bu değişkenlik süreç değişkenliği olarak tanımlanmaktadır. Eğer süreç gerçek sayılarla ölçülebiliyorsa, süreç değişkenliği normal dağılım ile modellenilebilmekte ve değişkenlik bu normal dağılımın standart hatası yardımıyla ölçülebilmektedir. Altı Sigma ile amaçlanan bu değişkenliği azaltmaktır (Yang ve El-Haik, 2003, s.35-36).

2.9.2.8.2. Süreç Yeterlilik Analizi ve Süreç Yeterlilik Endeksleri

Süreç yeterlilik, sürecin spesifikasyon sınırları içinde ürün üretme yeteneğini ifade etmektedir (Daniel ve Terrel, 1995, s.959). Süreç yeterlilik, ürün veya hizmetlerin müşteri ihtiyaçlarını karşılama ihtimali olarak tanımlanabilmektedir (McAdam ve Lafferty, 2004, s.531). Süreç yeterlilik, süreçteki değişkenliğin bir fonksiyonudur ve süreçteki altı standart sapma yayılımı olarak tanımlanabilir. Süreç Yeterlilik Analizi, süreçteki doğal değişkenliğin ölçümünü içerir. Süreç yeterliliğin ölçülmesi ile kararlı bir süreçteki bir durum için içsel değişkenlik hesaplanmaktadır (Brue ve Launsby, 2003, s.75).

İstatistiksel teknikler, geliştirme faaliyetleri ve imalat dahil ürün çevriminin bütün aşamalarında, süreç değişkenliğinin sayısallaştırılmasında, bu değişkenliğin ürün gereklilikleri ya da spesifikasyonlarına göre analiz edilmesinde ve bu değişkenliğin ortadan kaldırılmasında ya da minimize edilmesinde, üretim ve geliştirme bölümlerinde çalışanlara önemli yararlar sağlar. Süreç yeterliliği analizleri ile sürecin kararlı durumda olup olmadığı belirlenir, sürecin kararlı olmasını engelleyen kaynaklar araştırılır, nedenler belirlenir ve bu nedenleri ortadan kaldıracak önlemler alınır. Süreç yeterliliği, sürecin uygunsuzluk kaynaklarından temizlendikten sonraki doğal davranıştır. Süreç iyileştirme çalışmalarının başarıya ulaşabilmesi için öncelikle süreç yeterliliği çalışmaları tamamlanmalıdır (Bozkurt, 2003b, s.142).

Süreç yeterliliği çalışmaları sonucunda elde edilen veriler (Bozkurt, 2003b, s.143);

- ❖ Sürecin toleransları karşılama durumunun belirlenmesi,
- ❖ Ürün geliştirme sorumluları ve tasarımcılara bir sürecin seçilmesi ya da iyileştirmesinin kolaylaştırılması olanağının sağlanması,
- ❖ Süreç kontrol çalışmaları için örnekleme aralıklarının belirlenmesi,
- ❖ Yeni ekipmanlar için performans gereklilerinin belirlenmesi,
- ❖ Rakip tedarikçiler arasında seçim yapılması,
- ❖ Süreçteki sürekli iyileşmenin gözlemlenmesi,

- ❖ İyileştirmeye ihtiyacı olan süreç veya kalite karakteristiğinin tanımlanması,
- ❖ Süreçlerin toleranslar üzerinde karşılıklı etkileşim olması durumunda üretim süreçlerinin sırasının planlanması,
- ❖ Bir imalat sürecindeki varyasyonun azaltılması amacıyla kullanılmaktadır.

Süreç Yeterlilik Endeksleri

Yeterlilik endeksleri; süreç değişkenliği ve spesifikasyon limitlerinin yayılması arasındaki ilişkiyi tanımlayan basitleştirilmiş ölçümlerdir (Yang ve El-Haik, 2003, s.38).

Süreç çıktısının bulunacağı aralık olarak tanımlanan süreç yeterliliğinin açıklanması için basit ve kullanışlı oranlar vardır (Bozkurt, 2003b, s.145). Süreç varyasyonu ve spesifikasyonlarını karşılaştırmak için kullanılan iki endeks, Cp ve Cpk değerleridir. Süreç yeterlilik endeksleri sürecin yeterli olup olmadığını belirlemede süreç spesifikasyonlarını ve süreç değişkenliğini kullanmaktadır.

Cp Yeterlilik Endeksi

Süreç yeterlilik endeksi Cp; spesifikasyon limitlerinin, sürecin gerekli olan spesifikasyon limitleri ile olan ilişkisini ve süreç gereksinimlerini belirlemeye yardımcı olmak amacıyla kullanılabilir (Daniel ve Terrell, 1995, s.961).

Süreç ortalamasının hedef değerde merkezileştiği varsayıldığında, süreç yeterlilik endeksi Cp kullanılabilir. Cp; 6 sigma ile gösterilen sürecin gerçek ya da doğal varyasyonunun ölçümünün spesifikasyon limitlerinin uygun yayılımı ile ilgilenen basit süreç yeterliliğidir.

Basit yeterlilik endeksi Cp için denklem spesifikasyon yayılımının süreç yayılımına oranıdır (Daniel ve Terrel, 1995, s.961; Maleyeff ve Krayenvenger, 2004,s.580; McAdam ve Lafferty, 2004, s.531;Yang ve El-Haik, 2003, s.38). Bu endeks

$C_p = \frac{USL - ASL}{6 \text{ Sigma}}$ şeklinde hesaplanır.

C_p değeri 1'den düşük ise süreç kendi spesifikasyonlarını karşılamada yeterli değildir (Daniel, Terrel, 1995, s.961). Süreç değişkenliği spesifikasyonları aşmasından kaynaklanan önemli sayıda hata ile karşılaşmaktadır.

C_p değerinin 1'e eşit olması sürecin yeterli olduğunu göstermektedir (Daniel ve Terrel, 1995, s.961). Süreç spesifikasyonları karşılamaktadır

C_p değeri 1'den büyük olması sürecin, ölçümleri spesifikasyon limitleri içinde olan ürünler üretmekte olduğunu göstermektedir (Daniel ve Terrel, 1995, s.961). Süreç değişkenliği spesifikasyondan daha düşüktür. Süreç hedef değerde merkezileşmez ise hatalar gerçekleşebilmektedir.

C_p , süreç için doğru modelin normal dağılıma uyduğunu varsaymaktadır. C_p spesifikasyon limitleri dışındaki uygunsuz ürünlerin yüzdesi olarak yorumlanabilmektedir. Eğer süreç performansının ortalaması spesifikasyon limitlerinin merkezindeyse;

$C_p = 1$ (3 sigma düzeyi) olduğunda milyonda 2700 parça uygunsuz olduğu söylenebilmektedir.

$C_p = 1,33$ (4 sigma düzeyi) olduğunda yaklaşık olarak % 0,0064 parça spesifikasyon limitlerinin dışında kalacaktır. 64 parçanın uygunsuz olduğu görülmektedir. Normal dağılım eğrisinin merkezden 4 sigma (1,33X 3 sigma) uzaklaşacağı söylenebilir.

$C_p = 1,67$ (5 sigma düzeyi) olduğunda parçaların yaklaşık % 0,000057'si spesifikasyon limitlerinin dışında kalacaktır. Milyonda 0,6 parça uygunsuz olacaktır. Normal eğri alanı normal dağılımın merkezinden 5 sigma (1,67X 3 sigma) ötesinde olacaktır (Yang ve El-Haik, 2003, s.38).

Cpk Yeterlilik Endeksi

Cp süreç yeterlilik endeksinin önemli zayıflıklarından biri, birçok süreç için süreç performans ortalamasının spesifikasyon limitlerinin merkezine eşit olmamasıdır (Yang ve El-Haik, 2003, s.38). Süreç yeterliliği belirlenen toleranslar içinde olsa da ($C_p > 1$), süreç ortalamasının nominal hedeften sapması nedeniyle hatalar gerçekleşecektir (Hong ve Goh, 2003, s.365). Süreçte sapmalar meydana geldiğinde, uygunsuzluk hakkındaki olasılık hesaplarında Cp endeksinin kullanılması doğru olmayacaktır (Yang ve El-Haik, 2003, s.38). Bu durumda, eşitliğin yeniden düzenlenmesiyle elde edilen Cpk endeksinin kullanılması daha uygun olacaktır.

Şartlara uyumun standart ölçümü Cpk süreç yeterliliğidir. Bu süreçte veya üründe spesifikasyonlar ile ilgili olarak ne kadar varyasyonun bulunduğu niceliksel bir ölçümdür (Raisinghani vd., 2005, s.497). Cpk süreç yeterlilik indeksi, Cp süreç yeterliliğini iki değere ayırmaktadır (Brue ve Launsby, 2003, s.76).

$$C_{pk} = \min(C_{pl}, C_{pu})$$

$$C_{pk} = \min\left[\frac{\bar{U}SL - \bar{x}}{3s}, \frac{\bar{x} - ASL}{3s}\right]$$

Sigma düzeyleri, süreç yeterlilik endeksleri olan Cp ve Cpk ile ölçülmektedir. Hataların gerçekleşmediği süreç ve ürün tasarlamak için spesifikasyon genişliği gerçek süreç yeterliliğinin en az iki katı genişliğinde olmalıdır. Bunun anlamı Altı Sigma yeterliliğinin $C_p \geq 2$ ve $C_{pk} \geq 1,5$ ne eşit olmasıdır (Hong ve Gog, 2003, s.365).

Bu endeksler kullanılarak yapılan bir süreç yeterlilik analizi sırasında, süreç kararlı olmalı ve normal şekilde dağılmalıdır ve tahmin edilen ortalama ve standart sapma yeterli derecede büyük örnek boyutlarına dayandırılmalıdır. İdeal olarak Cp ve Cpk için istatistiki açıdan geçerli tahminleri sağlamak üzere güven aralıkları kullanılır. Analiz yapıldığında, eğer Cp ve Cpk için belirli hedef değerleri karşılanmışsa süreç kabul edilebilir olarak düşünülür (Maleyeff ve Krayenvenger, 2004,s.580).

2.9.3. Analiz Aşaması

Analiz aşamasında, Altı Sigma kapsamındaki iş süreçlerini etkileyen tüm faktörler tespit edilmektedir. Bu faktörlerin analizleri Altı Sigma' nın tüm teknikleri ve ileri istatistiksel problem çözme teknikleri kullanılarak yapılmaktadır. Analiz aşamasında, problemin temel nedenleri hakkında teoriler geliştirilecek, bu teoriler verilerle doğrulanacak ve son olarak problemin temel nedenleri tanımlanacaktır. Doğruluğu kanıtlanan neden veya nedenler bir sonraki aşamada tartışılacak çözümlerin oluşturulması için temel teşkil edecektir.

Analiz aşamasında toplanan veriler analiz edilir ve hataların ana nedenleri belirlenir. Bunun yapılması ile iyileşme fırsatları tanımlanır. Bu adımda, problemin temel nedenlerini iyileştirmek, süreç varyasyonlarının kaynaklarını tanımlamak ve en ümit verici alternatifleri belirlemek için istatistiksel araçlar kullanılır (Hong and Goh, 2003,s.370).

Analiz aşamasının amacı, kalite problemlerinin temel neden(ler)ini teşhis etmek ve uygun veri analiz araçları kullanarak bu nedenleri doğrulamaktır. Bu aşama fırsatların ve değişim yönünün ortaya çıkarılmasında yararlı olmaktadır (Mahanti ve Antony, 2005, s.741; Man, 2002, s.198).

Analiz aşamasında, temel problemler tanımlanarak fırsatlar analiz edilir. Bu aşamanın temel özellikleri aşağıda sıralanmıştır (Basu ve Wright, 2003, s.47):

- Problem alanlarına odaklanarak girdi- süreç- çıktı analizi,
- Değer katmayan aktivitelerin tanımlanarak süreç akış analizinin yapılması,
- Temel nedenlerin belirlenmesi,
- Temel nedenin onaylanması.

Analiz aşamasında en sık kullanılan araçlar şunlardır (Rath ve Strong, 2002, s.95);

- Yakınlık Diyagramları
- Beyin Fırtınası
- Sebep - Sonuç Diyagramları
- Veri Toplama Planı
- Kontrol Grafikleri
- Deney Tasarımı
- Akış Şeması
- Frekans Poligonları
- Hipotez Testleri
- Güven Aralıkları
- Regresyon Analizi
- Serpme Diyagramı
- Örneklem
- Pareto Şemaları

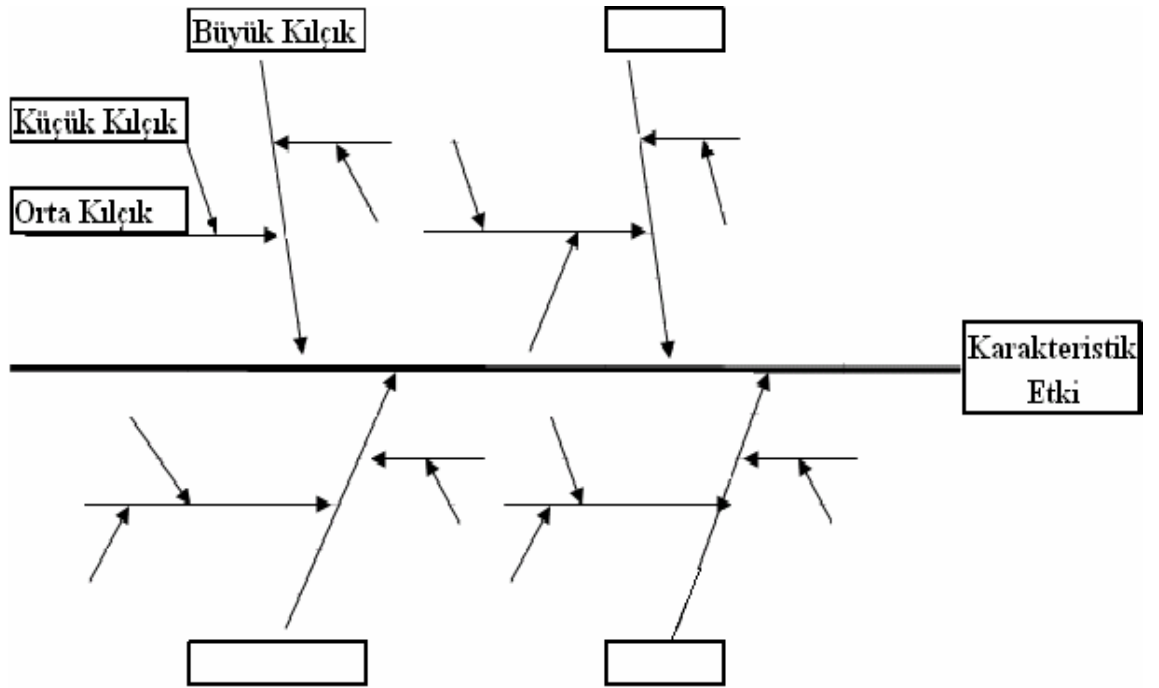
2.9.3.1. Beyin Fırtınası

Beyin fırtınası, problemlerin tüm nedenlerinin tanımlanmasının bir yoludur. Verilen problemi çözmeye çalışan insanlardan oluşur. Gerçek beyin fırtınası süreci başlamadan önce, konunun belirlenmesi ve oturumun kurallarının kararlaştırılması gerekmektedir (Basu ve Wright, 2003, s.30).

Beyin fırtınası kısa bir zaman aralığında bir grup insanın çok sayıda düşünce üretmesini sağlar. Grup üyeleri düşünce üretmek için düşünme güçlerini birleştirir. Beyin fırtınası çalışılacak sorunun belirlenmesi, bir sorunun olası nedenlerinin araştırılması, bir sorunun giderilmesi için çözümlerin ortaya çıkartılması ve çözümlerin uygulama yollarının bulunması gibi çeşitli amaçlar için kullanılır (Bozkurt, 2003b, s.174).

2.9.3.2. Sebep - Sonuç Diyagramları

Süreçte meydana gelen değişkenliklerin potansiyel kaynaklarını belirlemek amacıyla, sürecin elemanlarını grafiksel olarak gösteren bir araçtır. Diyagrama görüntüsü nedeniyle balık kılıcı adı da verilmektedir. Bu kalite aracını Kauru Ishikawa geliştirdiğinden Ishikawa Diyagramı adıyla da bilinir. Diyagramda, problemin ana nedenleri yatay bir çizgi üzerine çizgiler çizip, her bir çizgi üzerine yerleştirilerek kategorize edilir. Böylece potansiyel nedenlerin tamamına dikkat çekilmesi ve olanaklı çözüm yollarının bulunması kolaylaşır. Veri toplama, verileri sınıflama, verileri geniş bir perspektifte değerlendirebilme konusunda yönlendiricidir. Diyagramın etkili bir yönetim aracı olarak kullanılabilmesi sebep - sonuç ilişkisinin doğru kurulmasına bağlıdır (Gümüšoğlu, 2000, s. 143).



Şekil 2-9: Sebep Sonuç Diyagramı
Kaynak: Bozkurt, 2003b, s.186

Sebep - Sonuç diyagramı, problem ve bu problemi oluşturan temel sebepler arasındaki ilişkinin grafiksel gösterimidir. Modelde problem sonuç, problemi etkileyen

faktörler ise sebep olarak ele alınır. Sebep ve sonuçların belirlenmesi ise beyin fırtınası yöntemiyle yapılır.

2.9.3.3. Süreç Akış Şeması

Süreç akış şeması; mamulün üretilmesi için gerekli materyalin ne şekilde aktığını belirlemek amacıyla kullanılır. Böylece mamul ya da sürecin oluşumu, aşamalarla birbirini izleyen sıralarda ortaya çıkarılır. İnsan veya materyalin fiili ve potansiyel hareketleri basit, anlaşılır ve doğru biçimde birbirine eklendiğinden son derece yararlı bir araçtır (Gümüšoğlu, 2000, s.139).

Akış diyagramı, herhangi bir üretim ya da hizmet sürecindeki hataları, tekrarları ve yarar sağlamayan basamakları belirlemek için kullanılır. Akış diyagramı sürecin tüm adımlarını gösteren resimsel bir tanıtımdır. Bu diyagramlarla çalışılarak daha önce gözden kaçan ve problemin kaynağı olabilecek adımlar bulunabilir.

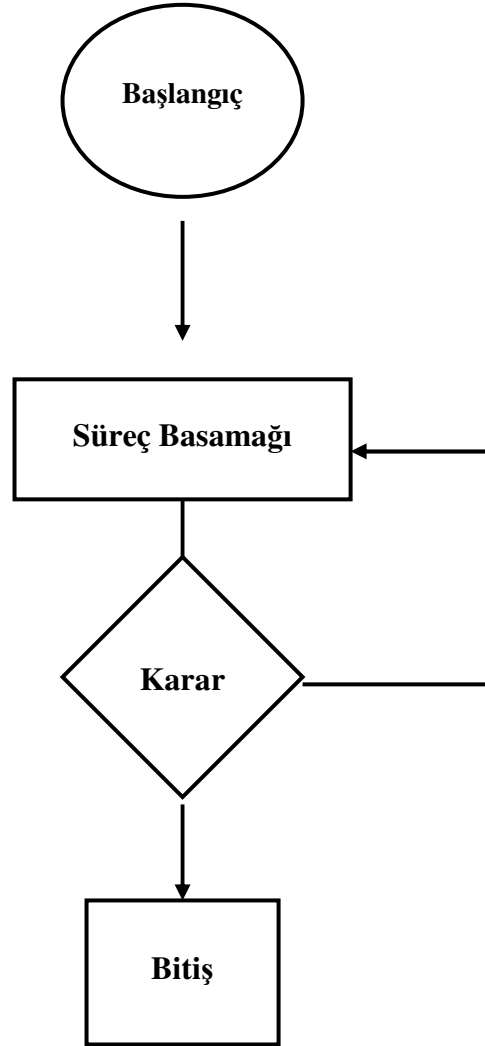
Belli bir süreçteki adımları grafik sembollerle gösteren akış şemaları kullanılarak büyük bir süreçte çeşitli basamaklar tanımlanır ve yapılan işin tüm çalışanlar tarafından anlaşılması sağlanır. Akış şeması oluşturmakla, belli bir süreçte atılması gereken adımlara daha yakından bakma imkanına kavuşulur. Akış şeması, süreç esnasında hangi alanlarda daha çok iyileştirmeye gerek olduğunun belirlenmesine yardımcı olmaktadır.

Akış şeması geliştirmede en önemli adımlardan biri, incelemek istenilen sürecin belirlenmesidir. Bu sürecin belirlenmesinde balık kılıcı diyagramından yararlanılabilir. Süreç belirlendikten sonra, parçalara ayrılmalı ve akış sırası belirlenmelidir.

Akış Diyagramı hazırlanırken (Gümüšoğlu, 2000, s.140);

- Akış süreci ile ilgili tüm işlemler belirlenmeli,
- İşlemler, alınan kararlar ve ilgili veriler arasındaki ilişkiler belirlenmeli,
- Müşteri ve tedarikçi ilişkileri dikkate alınmalı,
- Süreçle ilgili kişilerin görev tanımları ve sorumlulukları belirlenmeli,

- Süreç ile ilgili gerçekleşen ve tahminlenen süreler belirlenmeli,
- Her aşamanın maliyetleri ve eklediği değerler belirlenmeli,
- Eldeki veriler belirlenmeli,
- İyileştirme çalışmaları için gerekli veriler belirlenmeli,
- Geliştirme olanakları saptanmalıdır.



Şekil 2-10: Akış Şeması
Kaynak: Wilson vd., 1995, s.86

Akış Şemaları oluşturmada temel amaç, sürecin anlaşılabilirliğinin sağlanması ve bundan sonra geliştirilmesi mümkün alanlarının belirlenmesidir. Akış şemalarını hazırlamak ve kullanmak yönetim ve üretimle ilgili süreçlerde, süreç kontrolüne imkan

tanıyan en önemli faaliyetlerden birisidir. Akış şeması oluşturulurken süreçteki bütün basamaklar belirlenir ve bunlar bir kağıt üzerinde listelenir. Bütün basamaklar belirlendikten sonra, bu basamaklar yapılış sırasına koyulur. Akış tabloları genelde, yapılmakta olan işlemlerin nasıl yapıldığını ve sürecin hangi noktalarında iyileştirmeye ihtiyaç duyulduğunu görme amacıyla kullanılmaktadır.

2.9.3.4. Serpilme Diyagramları

Serpilme diyagramı, bağımlı ve bağımsız değişkenlerin her biri için değişkenlerin gözlenen değerlerini gösteren bir grafikdir (Kazmier, 1988, s.242). Belirli bir süreçte, birbiriyle ilişkili olarak düşünülen iki veri seti belirli bir diyagram üzerinde incelenir. Değişkenlerden biri yatay diğeri dikey eksen üzerinde yer alır. Yatay eksendeki değişkenin belirli bir değerine karşılık dikey eksendeki değişkenin aldığı değerlerin kesişme noktaları belirlenerek bir noktalar kümesi elde edilir. Serpilme diyagramında herhangi bir sorun ile nedeni arasındaki ilişki x, y eksenini aracılığı ile belirlenir. Noktalar kümesinin eğimi, negatif ya da pozitif bir ilişkiyi gösterir (Gümüšoğlu, 2000, s.144).

Serpilme diyagramları, kaliteyi etkileyen ya da iyileştirmeye konu olan iki özellik arasında, ilişki olup olmadığının belirlenmesi amacıyla oluşturulur. Serpilme diyagramları, hatayı yarattığı düşünülen unsurun, gerçek neden olup olmadığını ortaya çıkarmak amacıyla kullanılır.

2.9.3.5. Deney Tasarımı

Deney tasarımı (DOE-Design of Experiment), çıktılarıdaki değişimin sonuçlarının gözlenmesi ve girdi faktörlerinin değişiminin kontrolünü inceleyen bir tekniktir (Basu ve Wright, 2003, s.48). Bir sürecin / ürünün tepkisini veya kalite özelliklerini etkileyen çeşitli süreç parametrelerinin etkisini incelemek için kullanılmaktadır. Altı Sigma metodolojisinin iyileştirme aşamasında kullanılan önemli teknik olan deney tasarımı, Altı Sigma uygulayan işletmeler arasında artan bir ilgi elde etmiştir (Rowlands ve Antony, 2003, s.273).

Deney tasarımı, süreç girdilerinin kontrol edilebilir değişkenlerinin değiştirilmesinde ve bu süreç değişkenlerinin çıktı üzerindeki etkilerinin analiz edilmesinde kullanılan sistematik bir yaklaşımdır. Deney tasarımı ayrıca, süreç değişkenlerinin hangilerinin çıktı üzerinde etkisinin olduğunun ve süreç çıktısının optimize edilmesi için bu değişkenlerin değerlerinin ne olması gerektiğinin belirlenmesinde kullanılır. Deney tasarımları, süreç yeterliliğinden çok genel imalat ve ürün/ süreç geliştirme sorunlarında kullanılır. Deney tasarımlarının en önemli kullanım alanlarından birisi bir süreçteki değişkenliğin kaynaklarının belirlenmesi ve izole edilmesidir (Bozkurt, 2003b, s.162).

Eğer süreç basitse ve sadece bir veya iki girdi içeriyorsa, basit deney genellikle yeterlidir. Süreç daha karmaşık olduğunda ve etkileşimleri olan çeşitli girdiler içerdiğinde, çıktıların girdilerle olan ilişkilerini incelemek için bir deney tasarımı gerekir. Deney tasarımı tekniği, tüm girdiler için operasyonel alanı inceler ve doğrusal olmayan ve etkileşim gösterebilecek sonuçlar ortaya çıkarır. İyi tanımlanmış bir DOE'nin çıktısı, tüm girdi kombinasyonları için tüm çıktı değişkenlerinin tepkisini tahmin eden matematiksel bir süreçtir. Bir üretim sürecinin süreç modellemesini kapsayan titiz bir uygulaması Altı Sigma metodolojisinin tamamlayıcı bir parçasıdır. Her faktörün önemi varyans analizi kullanılarak ölçülür ve ortaya çıkan model sadece süreci optimize etmek için değil aynı zamanda sapmalar meydana geldiğinde süreçte sorun giderme işlemi için kullanılır (Raisinghani vd., 2005, s.496).

Deney Tasarımı ve Simülasyon

Simülasyon, gerçek bir sistemin modelini tasarlama süreci ve sistemin işlemesi için sistemin davranışlarını anlamak veya değişik stratejileri değerlendirmek amacıyla bu model üzerinde denemeler yapmaktır. Simülasyon, gerçek bir sistem hakkında bilgi elde etmek için bir model aracılığı ile deneme yaparak istenilen bilgileri sağlamak şeklinde tanımlanabilir. Deneme yapmak için istenen bilgileri sağlayacak denemenin nasıl yapılacağı stratejik olarak tespit edilmelidir. Deney tasarımı simülasyonda geniş uygulama alanı bulmuştur (Halaç, 1982, s.6).

Simülasyonun yararları aşağıdaki gibi sıralanmıştır (Halaç, 1982, s.8);

- Sistemin modeli kurulduktan sonra farklı durumların analizi için istenildiği kadar kullanılabilir.
- Simülasyon yöntemleri, sistem verilerinin detaylı olmadığı durumlarda elverişlidir.
- Simülasyon değişik koşullar altında sistemin nasıl olacağı hakkında çok az veriye sahip olduğumuz yeni durumlar üzerinde deney yaparak veri üretme imkanı sağlar.

2.9.4. İyileştirme Aşaması

İş süreçlerini milyonda 3,4 hata sayısı düzeyinde geliştirme safhasıdır. Süreçlerin performanslarını etkileyen tüm faktörlerin değişkenlik nedenleri, birbirleri ile etkileşimleri ve etki düzeyleri, deney tasarımı ve simülasyon yöntemleri ile ortaya çıkarılmaktadır. Tüm değişkenliklerin temel nedenleri ve iş süreçleri üzerindeki etki düzeyleri, deney tasarımı yöntemleri ile kontrol altına alınarak iyileştirilmektedir.

İyileştirme aşamasının amacı, analiz aşamasında teşhis edilen problemleri ele alan çözümleri uygulamaktır. İyileştirme aşaması değişkenlik ve çoğaltılabilirlik için değişimi test etmek için kullanılmaktadır (Mahanti ve Antony, 2005, s.741; Man, 2002, s.198)

İyileştirme aşamasında, performans optimizasyonu sürecin değişimiyle başarılmaktadır. Bu aşamanın anahtar elementleri (Basu ve Wright, 2003, s.48);

- İyileştirme fikirlerinin üretilmesi,
- Sonuçların rakamlaştırılması,
- Önerilerin sunumu,
- Değişimin uygulanmasıdır.

Altı Sigma yaklaşımının iyileştirme aşaması sırasında fikirler ve çözümler üretilir. Bu aşamada, hataların ortadan kaldırılması, deneylerin tasarlanması ve olası çözümlerin tanımlanması ile süreç iyileştirilir. Hedef süreç, problemleri düzeltmek ve engellemek için yaratıcı çözümleri tasarlayarak geliştirilir. İstenilen sonuçlara erişilmesini sağlamak için kontroller yapılmalıdır. En iyi sonucu bulmak için bazı deneyler ve denemeler gerekebilir (Hong ve Goh, 2003, S.370).

İyileştirme aşamasında, nedenleri ortadan kaldırmayı hedefleyen çözümler geliştirilir, uygulanır ve değerlendirilir. Amaç; verileri kullanarak ortaya koyulan çözümün problemi çözdüğünü ve gelişme için öncülük ettiğini göstermektir.

İyileştirme aşamasında en sık kullanılan araçlar şunlardır (Rath ve Strong, 2002, s.151);

- Beyin Fırtınası
- Paydaş Analizi (Stakeholder Analysis)
- Veri Toplama
- Deney Tasarımı
- Akış Şemaları
- Hata Türü ve Etkileri Analizi
- Planlama Araçları
 - Ağaç Diyagramı
 - Gantt Şemaları
- Hipotez Testleri

2.9.4.1. Ağaç Diyagramı

Problem ile başlayan Ağaç Diyagramı, alt problemlere ayrılır ve olası sorunlar oluşturulur. Diyagramda fikirleri oluşturmada ve ilgili maddeler arasında mantıklı ilişkilerin haritasını çıkarmada bilgiler düzenli bir şekilde yerleştirilir (Juran vd .,1988, s. 22.40) .

Bu teknik, belirli amaçlara ulaşılmasında en etkin yolların bulunması için kullanılır. Bu sebeple teknik amaca ulaşmak için önemli konuların bulunmasını ve uygulama adımlarının detaylandırılmasını sağlar. Bu şekilde mevcut durum ve yapılması gerekenler bütün olarak bir bakışta görülebilir duruma gelir. Ağaç diyagramı gösterimi, karmaşıklığın görsel olarak giderilmesine yardımcı olur. Amaçların detaylandırılması, süreçlerin alt açılımlarının yapılması durumları ağaç gösterimi tekniğini gerektirmektedir.

Belli bir amaca ulaşmak için izlenmesi gereken yolların, sistematik bir şekilde giderek artan bir detay düzeyinde grafiksel ifadesi olan Ağaç Diyagramı;

- ❖ Genel amaçların özel uygulama detayına indirgenmesi gerektiğinde;
- ❖ Bütün uygulama seçeneklerinin belirlenmesi gerektiğinde;
- ❖ Temel sebepleri belirlemek için;
- ❖ Bir uygulama gerçekleşirken olabilecek engel/aksaklıkların ve bunların etkilerini azaltmak için ne yapılabileceğini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır

2.9.4.2. Gantt Şeması

Gantt şeması zaman tahminleri ile birlikte proje görevleri arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Gantt şemasının yatay ekseni zaman birimlerini (gün, hafta, ay) gösterir. Gantt şemasının dikey ekseni ise tamamlanacak olan aktiviteleri gösterir. Çubuklar (sütunlar) tahmin edilen başlama zamanı ve çeşitli aktivitelerin sürelerini gösterir. Proje ihtiyaçlarıyla sınırlanan birçok Gantt şeması tipi vardır (Pyzdek, 2003, s.42).

Bir zaman çizgisi boyunca projenin her safhasının planlanan ve gerçekleşen sürelerinin başlangıç ve bitim tarihlerinin belirtilmesi ile Gantt şeması oluşturulur. Safhalar üstten alta, zaman ise soldan sağa sıralanmıştır. Gantt şeması faaliyet ilişki ve sürelerinin gösterildiği en pratik şema yapısıdır.

Gantt şeması, program oluşturma safhasının sonucu olarak düzenlenen genel iş programı önceliklerini tanımlamak, zamanlama hedeflerini takip etmek, proje daha devam ederken durumu özetleyip raporlamak için kullanılmaktadır.

Tablolarda ve çeşitli formlarda karmaşık rakamlarla verilen bilgileri Gantt şeması üzerinde özlü, açık ve seçik bir şekilde göstermek mümkündür. Gantt şeması dinamiktir. Programlanan işle belirli bir anda fiilen yapılmış olan iş miktarını kıyaslama olanağını sağlar (Kobu, 1998, s.447).

2.9.5. Kontrol Aşaması

İyileştirmelerin Altı Sigma düzeyinde kalıcı olması ve sürekliliğinin sağlanması amacıyla, iş süreçlerinin standardizasyonu ve kontrolü aşamasıdır. Bu aşamada istatistiksel süreç kontrol teknikleri ile iş süreçlerinin performans kabiliyetindeki sürekliliğinin takibi ve kontrolü yapılmaktadır.

İyileştirme aşaması sonucunda ortaya konulan çözümler ve uygulamaları kalıcı kılmak ve sürekli kontrol altında tutmak için uygulanan bir aşamadır. Kontrol aşaması sonucunda zamanla yeni metotların geliştirilmesi sağlanabilir. Kontrol aşamasının amacı, iyileştirme aşamasının sonuçlarını değerlendirmek, izlemek ve korumaktır. Değişimlerden elde edilen kazançların sürekli kılınması amacıyla tabanın oluşturulmasında yararlı olmaktadır (Mahanti ve Antony, 2005, s.741; Man, 2002, s.198).

Kontrol aşaması elde edilen yararların sürdürülebilmesi için gereklidir. Bu aşamanın temel özellikleri (Basu ve Wright, 2003, s.48);

- Pilot projelerin uygulanması ve geliştirilmesi,
- Sonuçların planlanması ve uygulanması,
- Sonuçların gözlemlenmesi ve değerlendirilmesi,
- Proje sona erdirmeyi standart faaliyet prosedürü olarak yerleştirmek,
- Sağlanan yararların kabul edilmesidir.

Bu aşamada, gelecekteki süreç performansı kontrol edilir. Bu, projede elde edilen kazançların bir süre sonra kaybolmamasını sağlamak amacıyla performans izleme mekanizmaları ve ölçümleri ile yapılır. İyileştirmeler ayrıca sistemlerin modifikasyonu ve yapılar (personel, eğitim, teşvik) üzerinden kurumsallaştırılır. Bu çaba, izleme ve kontrol mekanizmalarının tanımlanması ve geçerli kılınmasını, standartların ve prosedürlerin geliştirilmesini ve faydaların, maliyet tasarruflarının, öğrenilen derslerin doğrulanmasını içerir. Bununla, Altı Sigma yaklaşımı dönüşler yaratmaya başlamak için harekete geçer; organizasyonun bir kısmındaki fikirler ve projeler, çok hızlı bir şekilde organizasyonun başka bir kısmında uygulamaya dönüştürülür (Hong ve Goh, 2003, s.370).

Kontrol aşamasında en sık kullanılan araçlar şunlardır (Rath ve Strong, 2002, s.163);

- Kontrol Grafikleri
- Veri Toplama
- Akış Diyagramları
- Kalite Kontrol Süreç Grafikleri
- Standardizasyon

3. BÖLÜM

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE ALTI SİGMA METODOLOJİSİ İLE İLGİLİ BİR ÖRNEK OLAY İNCELEMESİ

3.1. Firmanın Genel Tanıtımı

Türkiye’de jant sektöründe birçok ilki gerçekleştiren firma; zirai ve ticari araç ve aynı zamanda ağır vasıta jantları üretmektedir. Firma, 1968 yılında üretime başlamıştır. Teknolojik gelişmelerin öncülüğünü yaparak 1978’de dünyanın en gelişmiş jant yapım teknolojisi "flow forming"i ülkemize getirmiştir.

Türkiye’de ilk "tubeless (iç lastiksiz)" ağır vasıta jantlarının üretimini sürdüren firma, 1995’de Alman bir firma ile ortaklık kurmasıyla teknolojik yenilikleri dünya ile aynı anda uygulamaya başlamıştır. 1996’da Manisa Organize Sanayi Bölgesi’ndeki yeni fabrikasında üretime başlayan firma; otobüs, kamyon, treyler ve çekici gibi ağır vasıtalar, minibüs, pick-up ve hafif kamyon gibi ticari vasıtalar, zirai araç, yol ve iş makinaları gibi çeşitli endüstriyel vasıtalar için "tubeless" ve "tube type (iç lastikli)" jantlar üretmektedir.

Ürünlerinin % 80’ini Kanada, Rusya, Japonya, Amerika, Yeni Zelanda, Almanya, İngiltere, Avustralya, Afrika ve Orta Doğu ülkeleri başta olmak üzere 56 ülkeye ihraç eden firma; tesislerindeki yüksek teknoloji olanaklarıyla kapasitesini, yıllık 1.500.000 adede çıkarmıştır. Ağır ve ticari vasıta jantlarında üretim kapasitesi ve pazar payı açısından Türkiye’de pazar lideri olan firma konusunda en çok ihracat yapan firmadır.

38.000 m² toplam, 24.000 m² kapalı alanda 541 kişiyi istihdam ederek faaliyet göstermektedir. Türkiye’nin en büyük 500 sanayi kuruluşunun, ilk 200 ihracatçısında yer alan firma, Avrupa Jant ve Lastik Teknik Organizasyonu ve Avrupa Jant Üreticileri Birliği üyesi, ISO 9002 ve ISO/TS 16949 kalite belgelerinin sahibidir. Kalite sisteminin esas amacı, üretilen ürün ve hizmetlerin müşteri istek ve gereksinimlerini tam olarak

karşılmasıdır. Tüm çalışanların katılımını esas alan kalite sistemi, hataların oluşmadan önce önlenmesini sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

Hızlı bir büyüme içinde olan firma, yüksek kalite ve uygun fiyat politikasıyla orijinal ekipman piyasasının bir tedarikçisi olarak Avrupa’da önemli bir marka konumuna gelmiş, Avrupa’nın birinci sınıf jant üreticisi olarak kendini kabul ettirmiştir. Orijinal ekipman üreten firmalarda kalite oldukça önemlidir. Çünkü ürünlerini talep eden müşterileri genellikle büyük firmalardır. Büyük miktarlarda mal almaktadırlar ve mal alımından önce ürünü üreten firmaların tüm süreçlerini yakından incelemektedirler. Bu sebeple, orijinal ekipman üreticileri kaliteye büyük önem vermekte ve sürekli iyileşme sağlayarak olabildiğince az hatalı üretim gerçekleştiren süreçlere sahip olmaya çalışmaktadırlar. Örnek olarak alınan firma, müşteri memnuniyetini arttırmak amacıyla iş süreçlerinde değişkenliği azaltıp maliyetleri düşürerek, kalite yönetim sisteminin etkinliğini artırarak dünya sınıfı bir otomotiv tedarikçisi olmayı hedeflemektedir.

3.2. Firmanın Altı Sigma Hazırlığı

Altı Sigma’dan önce, firmada klasik iyileştirme teknikleri kullanılmıştır. İyileştirme tekniği olarak beyin fırtınası ve deney tasarımından yararlanılmasına rağmen tam bir iyileştirme sistemi kullanılmamıştır.

Üretimini daha çok ihracata yönelik olarak gerçekleştiren firma, müşteri memnuniyetini sağlama amacıyla ve yabancı ortağın isteği doğrultusunda 2004 yılında “Operasyonel Mükemmellik” [Operational Excellence] çalışmalarına başlamıştır. Bu doğrultuda; Altı Sigma metodolojisi üretim sürecinde meydana gelen hataların temel nedenlerini bulmak, ortadan kaldırmak ve buna bağlı olarak karlılığı arttırmak amacıyla uygulamaya koyulmuştur. Altı sigma metodolojisi, sistematik alt yapısı, güçlü istatistiksel araçlar içermesi ve çok güçlü bir problem çözme tekniği olması nedeniyle tercih edilmiştir.

Altı Sigma metodolojisi, otomotiv ana sanayinde uzun yıllardır ve yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Otomotiv yan sanayi olarak faaliyet gösteren firma, ana sanayideki faydalarını görerek bu etkili aracı kullanmaya karar vermiştir. Firmada,

maliyetlerin düşürülmesi ve karlılığın arttırabilmesi için Altı Sigma metodolojisi kullanılmaktadır.

Altı Sigma metodolojisinin gerektirdiği eğitimler S.P.A.C. danışmanlık firmasından alınmaya başlanmıştır ve eğitimler halen devam etmektedir. Altı Sigma eğitimleri dört fazda gerçekleştirilmektedir ve halen firmada eğitim alan çalışanlar ikinci fazı tamamlamak üzeredirler. Her bir fazda verilen istatistik eğitimleri ve eğitimlere katılan çalışan sayısı artmaktadır.

Altı Sigma projelerini başarı ile uygulamak ve sonuçlandırmak amacıyla seçilen kara kuşakların ekip çalışmasına yatkın, üretim sürecinin içinden süreci iyi tanıyan ve istatistik yeteneğine sahip olma gibi niteliklere sahip olması gerekmektedir. Kara kuşak olarak seçilen çalışanlar, tam zamanlı olarak sorumlu oldukları proje ile ilgilenmektedirler. Şampiyonlar ise seçilen projenin tüm ayrıntıları ile ilgilenmekte, kara kuşaklara proje ile ilgili her konuda destek olmaktadır. Bu doğrultuda, firmanın Altı Sigma proje uygulamalarında halen 18 yeşil kuşak, 2 kara kuşak, 4 şampiyon görev almaktadır. Firmada Altı Sigma projeleri kapsamında bu ünvanlara sahip çalışanların yer aldığı toplam 12 proje yürütülmüş ve toplam 1,3 milyon € kazanç elde edilmiştir.

3.3. Firmada Altı Sigma Projesinin Uygulanması

Süreçte hata teşkil eden basamakların belirlenebilmesi amacıyla öncelikle üretim sürecinin bir haritası çıkarılmıştır. Jant üretimi için üretim süreci aşağıdaki üretim süreç şemasında gösterilmektedir.

3.3.1. Genel Üretim Süreci

Şekil 3-1'deki süreç, üretimde kullanılmaya hazır hammaddenin üretim sürecine alınmasıyla başlar. Sac malzeme kullanılarak üretilen jant, kasnak ve disk şeklinde iki parçadan oluşmaktadır.

Üretim tesisi kasnak, disk, montaj ve boya hattı olmak üzere dört bölümden oluşmaktadır.

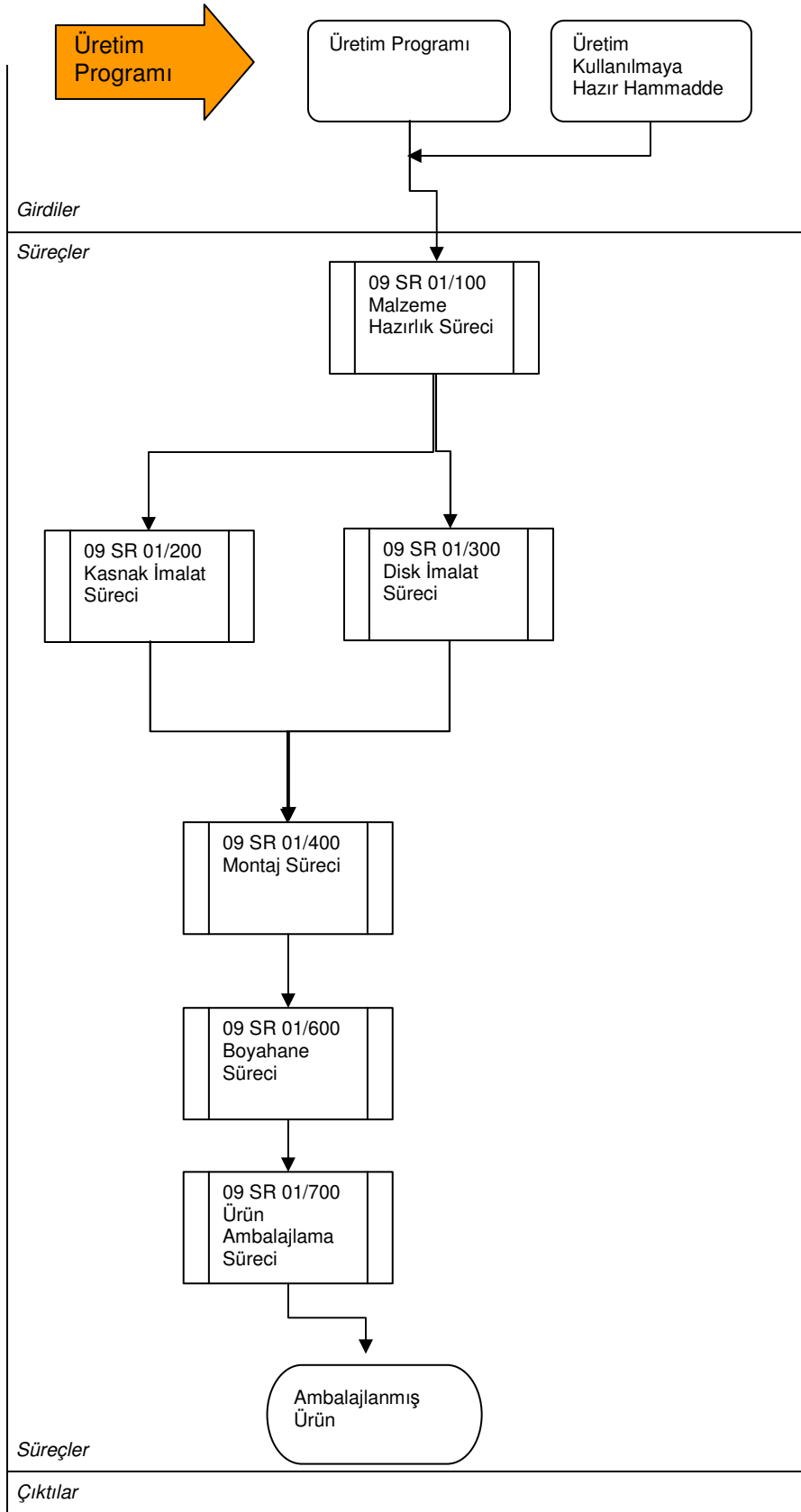
Disk Hattı: 5 mm kalınlığa ve 500 mm genişliğe kadar olan yüksek alaşımlı sac malzemeler, disk üretim hattını oluşturan kesme, sıvama ve delme işlemlerini gerçekleştiren preslerden geçerek şekillenir. Disk hattı, genel jant ağırlığını düşürmek amacıyla kullanılan yüksek mukavemetli sac malzemeleri işleyebilecek yeterlilikteki tezgahlardan oluşmaktadır.

Kasnak Hattı: 3,5 mm kalınlığa ve 234 mm genişliğe kadar olan yüksek alaşımlı sac malzeme kasnak hattında “alın kaynak” ve “sıvama” operasyonlarına tabi tutulur. Rolelerden çıkan kasnak, kalibre presinde son ölçülerine geldikten sonra subap delikleri delinir. Son kontrolden geçen kasnaklar montaj hattına transfer edilir.

Montaj Hattı: Firma sac jant üretiminde kullanılan en modern montaj hattına sahiptir. Montaj hattında; kaynak, fırçalama, kalibrasyon ve ölçümleme de dahil olmak üzere tüm operasyonlar otomatik olarak yapılmaktadır.

Boya Hattı: Üretimin son adımını oluşturan boya aşamasında jantlar; elektroliz yöntemiyle korozyona en dayanıklı olduğu bilinen kataforez boya ile kaplanmaktadır. Müşteri isteğine bağlı olarak son kat boya uygulaması da yapılabilmekte olup bu işlem robotlar tarafından yapılmaktadır.

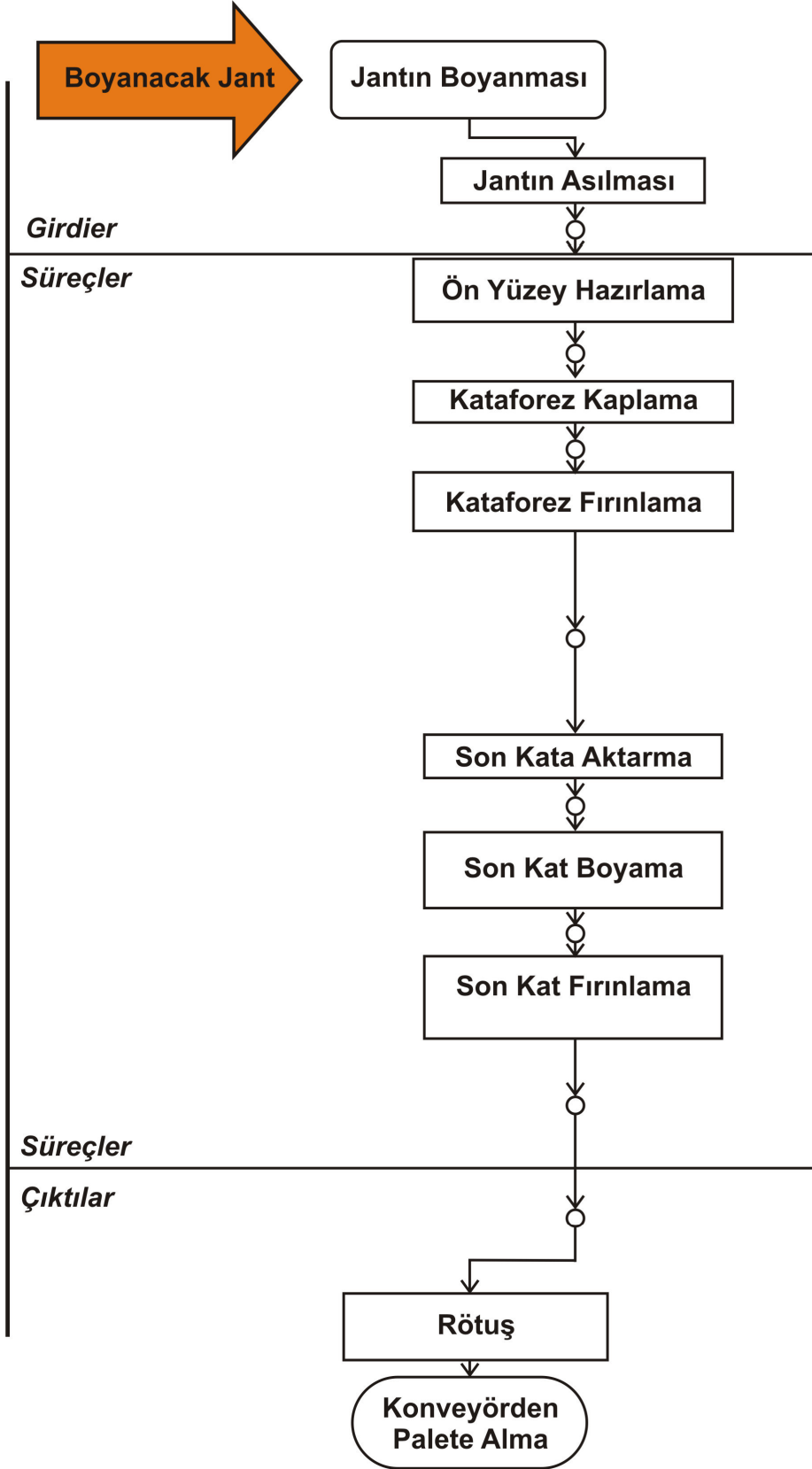
Ambalajlama hattı: Boyahanedeki son kat boyaması yapılan jantın, bu hatta ambalajlanması yapılmaktadır.



Şekil 3-1: Firmannın Genel Üretim Süreci

3.3.2. Boyama Süreci

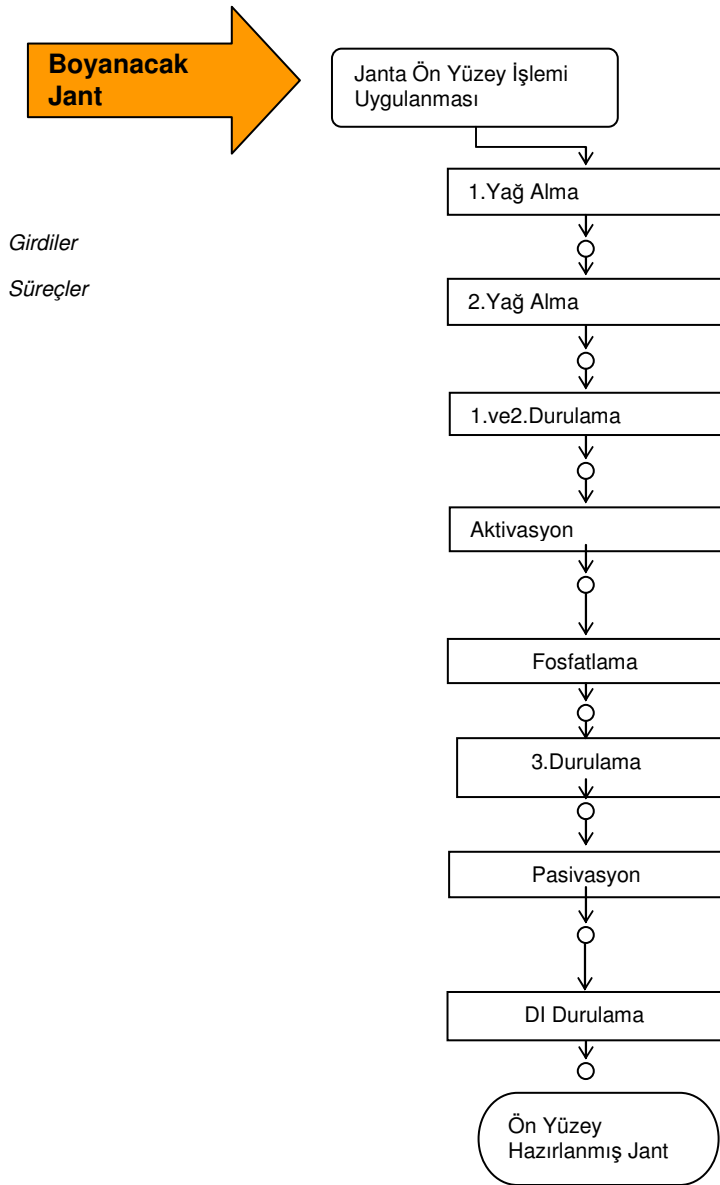
Disk ve kasnak hattından geçip, montajlanarak son şeklini alan jantlar boyahaneye gelmektedir. Jantlar ilk basamakta kancalara asılarak boyahane üretim hattına alınırlar. Jantlar hazırlandıktan sonra, ön düzey hazırlama işlemlerine tabi tutulurlar. Ön yüzey temizlemeden sonra, jant yüzeyinin kataforez kaplama işlemi elektroliz yoluyla yapılmakta olup paslanmaya ve atmosfer etkilerine karşı en uygun şekilde koruma altına alınır. (Kataforez kaplamada, elektroliz yoluyla jant siyaha boyanmaktadır.) Kataforez kaplamadan sonra jantlar kataforez fırınlama işlemine tabi tutulmaktadır. Fırınlama işleminden sonra son kat boya ve son kat fırınlama işlemi yapılarak jantın boyahane sürecinde geçireceği faaliyetler tamamlanmaktadır.



Şekil 3-2: Boyahane Süreci

3.3.3. Ön Yüzey Hazırlama Süreci

Boyahaneye gelen jantlar, boyanmadan önce ön yüzey hazırlama sürecine tabi tutulurlar. Ön yüzey hazırlama sürecinde, jant birinci ve ikinci yağ alma işlemine tabi tutulur. Bu işlemden sonra 1. ve 2. durulama gerçekleştirilir. Aktivasyon ve fosfatlama işleminden sonra üçüncü durulama işlemine tabi tutulan jant pasivasyon ve son durulamadan sonra ön yüzeyi hazırlanmış olarak kataforez kaplamaya hazır hale gelmektedir.



Şekil 3-3: Ön Yüzey Hazırlama Süreci

3.4. Altı Sigma Proje Seçimi

Uygulanacak projenin seçimi için tüm süreç incelenmiş ve süreçte var olan problemler belirlenmiştir.

Boyahane sürecindeki problemin daha öncelikli olduğu görülmüştür. Yapılan ölçümler sonucu, süreçteki boya esaslı kusurların oranının ortalama % 7,34 olduğu bulunmuştur. Bu oran oldukça yüksek bir orandır. Bu sebeple, boyahane kaynaklı hataların düşürülmesi ile ilgili Altı Sigma projesinin uygulanmasına karar verilmiştir.

3.5. Altı Sigma TÖAİK Süreci

Proje seçildikten sonra, problemin ortadan kaldırılması amacıyla, Altı Sigma metodolojisinin uygulanmasında kullanılan bir araç olan TÖAİK uygulanmaya başlamıştır.

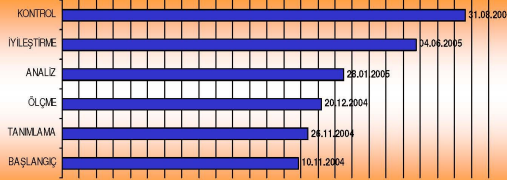
3.5.1.Tanımlama Aşaması

Problemin temel nedeninin belirlendiği bu aşamada; proje ile hedeflenen iyileştirme, projenin uygulanması ile elde edilecek kazanımlar, iyileştirmenin firmaya sağlayacağı kazanç, proje sınırları, projenin tahmini tamamlanma süresi ve projeyi yönetecek ekip üyeleri açık ve net bir şekilde belirlenmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda, öncelikle proje beyannamesi oluşturulup projenin tanımlanması yapılmaktadır.

3.5.1.1.Proje Beyanı

Proje ile ilgili tüm bilgilerin açık ve net şekilde görülebildiği proje beyanı, Altı Sigma metodolojisinin tanımlama aşamasında kullanılan oldukça yararlı bir tablodur.

Tablo 3-1: Proje beyanı

Proje Tanımı (Ne?) Boya esaslı kusurların oranının ortalama % 7,34 'den ortalama % 2'ye indirilmesi. (Bu kapsamda boya akmaları, boyasız bölge ve kimyasal damlama hataları öncelikli incelenecektir.)	Kazanımlar (Nasıl?) Tashihlerde azalma Kapasite artışı Boya tüketiminde azalma İade oranlarından azalma Müşteri memnuniyeti Maliyetlerde azalma Verimlilik artışı
Hedefler (Ne kadar?) Boya esaslı kusurların oranının % 7,34 'den % 2'ye indirilmesi 85.000 € / Yıl kazanç	Proje Sınırları (Nerede?) Kapsam : Jant asmadan ambalajlama operasyonuna kadar olan süreç. Kapsam Dışı : Aşırı kumlama, paslanma, bokö işlemi ve montaj hatlarından kaynaklanan boya kusurları.
Zaman Planı (Ne zaman?) 	Ekip Üyeleri (Kim?) Lider : Şampiyon : Süreç Sahibi : Üyeler :

Tablo 3-1'deki proje beyanına göre; yürütülecek olan Altı Sigma projesinin tanımı, boya esaslı kusurların % 7,34'den % 2'ye indirilmesi olarak yapılmıştır. Boya akması, boyasız bölge bulunması ve kimyasal damlama hatalarının boyama hatasına neden olduğu belirlenmiştir. Projede bu hataların incelenmesine öncelik verilecektir.

Proje ile hedeflenen, boyadan kaynaklanan kusurların % 7,34'den % 2'ye indirilmesi ve projenin tamamlanmasıyla yıllık 85000 € kazanç sağlanmasıdır. Projenin başarıyla tamamlanması sonucu bu hedefin gerçekleştirilmesiyle sağlanacak kazanımlar; tashihlerde azalma, kapasite artışı, boya tüketimi, iade oranları ve maliyetlerde azalma, müşteri memnuniyetinin sağlanması ve verimlilik artışı olacaktır.

Boyamadan kaynaklanan hataların azaltılmasını amaçlayan bu projede, jant asmadan ambalajlama faaliyetine kadar olan süreç proje kapsamına dahil edilmiş, aşırı kumlama, paslanma ve montaj hattından kaynaklanan boya kusurları kapsam dışı bırakılmıştır.

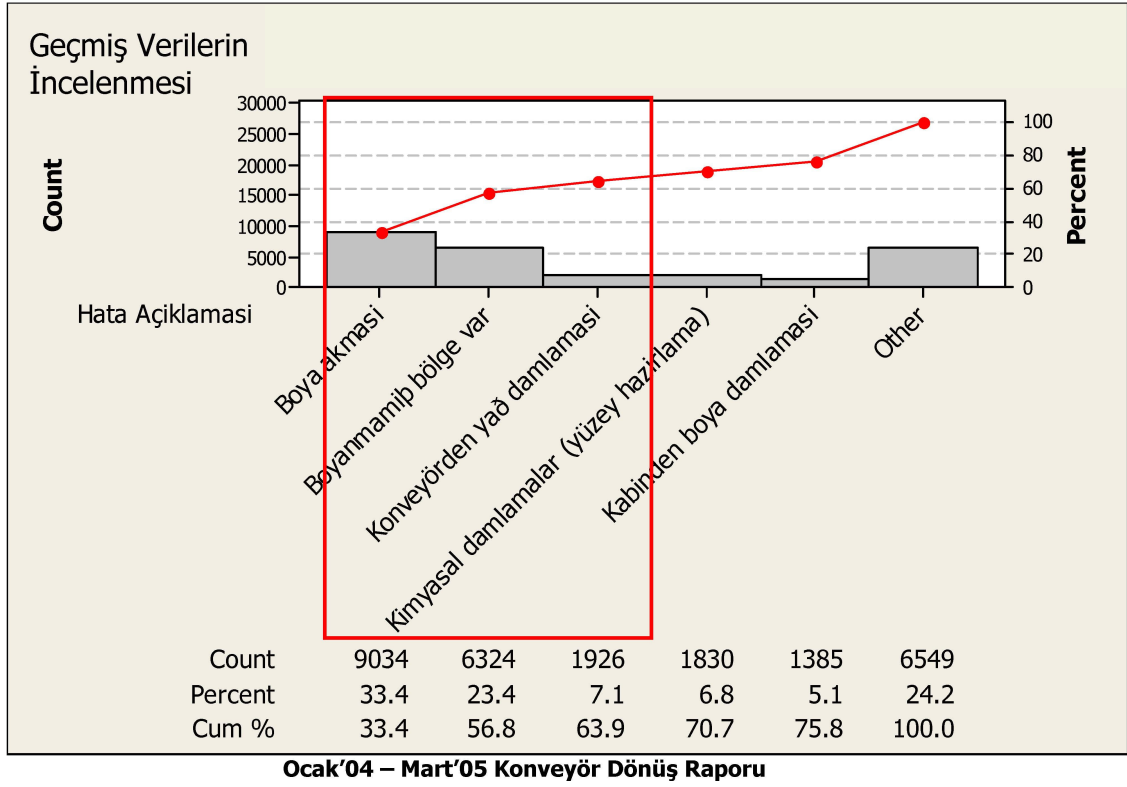
Projenin başlangıç tarihi 10.11.2004'tür. Tanımlama aşamasının 26.11.2004 tarihinde başlaması ve 31.08.2005 tarihinde kontrol aşamasının tamamlanıp projenin 9 ayda tamamlanması hedeflenmektedir. Bu tarihlerin belirlenmesi projenin planlanması açısından gereklidir.

Projeyi başarıyla yürütecek ve projenin hedeflerine ulaşmasını sağlayacak proje ekip üyeleri belirlenmiştir. Projenin başarıyla tamamlanması için ekip üyeleri süreci iyi tanıyan yöneticilerden seçilmiştir. Altı Sigma proje ekibi iki lider, bir şampiyon, bir süreç sahibi ve dört üye olmak üzere sekiz çalışandan oluşturulmuştur.

3.5.1.2. Pareto Şeması

Proje beyanı tamamlandıktan sonra, meydana gelen hataların % 70'ini kapsayan Pareto Şemaları hazırlanmıştır. Pareto şemalarının çizilmesinin temel nedeni; boyamadaki kusurlara neden olan hata nedenlerini belirlemektir.

Boya kusurlarına neden olan hatalar; boya akması, boyanmamış bölgenin olması, konveyörden yağ damlaması, kimyasal damlamalar ve diğer hatalardır. Geçmiş dönem verilerinin incelenmesi sonucu üretilen toplam 27048 adet hatalı boyanmış jantın 9034'ünün boya akması, 6324'ünün boyanmamış bölge olması, 1926'sının konveyörden yağ damlaması, 1830'unun kimyasal damlaması, 1385'inin kabinden boya damlaması ve 6549'unun diğer nedenler sebebiyle ortaya çıktığı sonucuna ulaşılmaktadır.



Şekil 3-4: Hata Açıklamasının Pareto Şeması

Pareto Şeması; grafiği oluşturan verilerin toplam içindeki yüzdelerinin kümülatif toplamı % 70 olan verileri kullanmaktadır. % 70'lik bölümde üç hata tipi söz konusudur. Bu üç hata tipi arasında boya akması % 33,4 ile en büyük yüzdeye sahiptir. Boya akmasından kaynaklanan hataların öncelikle düzeltilmesi gerekmektedir.

3.5.1.3. Müşterilerce Önemli Olan Uygunsuzlukların Belirlenmesi (Müşterinin Sesi)

Müşterinin sesinin toplanması çalışmaları, Altı Sigma projelerinin tanımlama aşamasında önemli bir yer tutmaktadır. Müşterinin sesinin toplanmasıyla, müşterinin ürünle ilgili memnuniyetsizlikleri ve şikayetleri belirlenir. Bu doğrultuda yapılmış olan müşterinin sesinin toplanması çalışmasının sonuçları Tablo 3-2'deki gibidir:

Tablo 3-2: Müşterinin Sesi

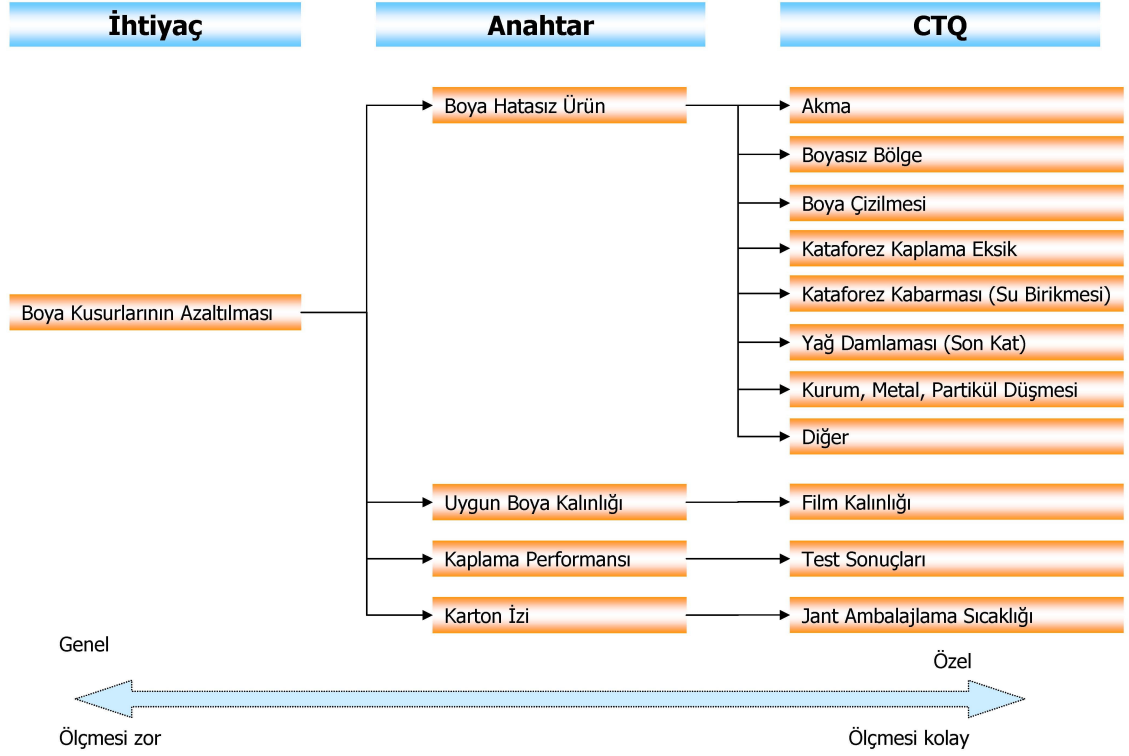
Kim?		Ne & Niçin?	
Yönetim Kalite Sistemi Sevkiyat OEM Aftermarket		Boya Hatasız Ürün Uygun Boya Kalınlığı Kaplama Performansı Boya üzerinde karton izi olmamalı	
Kaynaklar			
PASİF KAYNAKLAR:		AKTİF KAYNAKLAR:	
Günlük konveyör final kontrol raporu Aylık kalite kontrol hata analiz raporu Müşteri iadeleri raporu		Günlük kataforez konveyörü final kontrol raporu	
Çalışma Planı - ÖZET			
Geçmiş verilerin incelenmesi (Hata Analizi) Müşterinin sesinin tespiti CTQ belirleme ve ağırlık puanlaması SIPOC ve Detaylı süreç şeması S&S Matrisi Kontrol Planı			

Bu çalışma ile müşterinin janttan beklediği özellik ve jant ile ilgili memnuniyetsizlikleri belirlenmiştir. Müşterilerin satın aldığı janttan beklentisi, boya hatalarının olmamasıdır. Bunun sağlanabilmesi için boyanın uygun kalınlıkta olması, yeterli kaplama performansına sahip olması ve jant boyasının üzerinde karton izinin olmaması gerekmektedir.

Ürünle ilgili uygunsuzluklar; günlük konveyör final kontrol raporu, aylık kalite kontrol hata analiz raporu, müşteri iadeleri raporu ve kataforez konveyörü final kontrol raporu dikkate alınarak saptanmıştır.

3.5.1.4. Ağaç Diyagramı

Altı Sigma projelerinin tanımlama aşamasında kullanılan bir diğer teknik Ağaç Diyagramıdır. Bu projede, belirlenen problemin alt problemlerini ve kalite karakteristiklerini belirlemek amacıyla Ağaç Diyagramı tekniğinden yararlanılmıştır. Boya hatalarına neden olan önemli karakteristiklerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

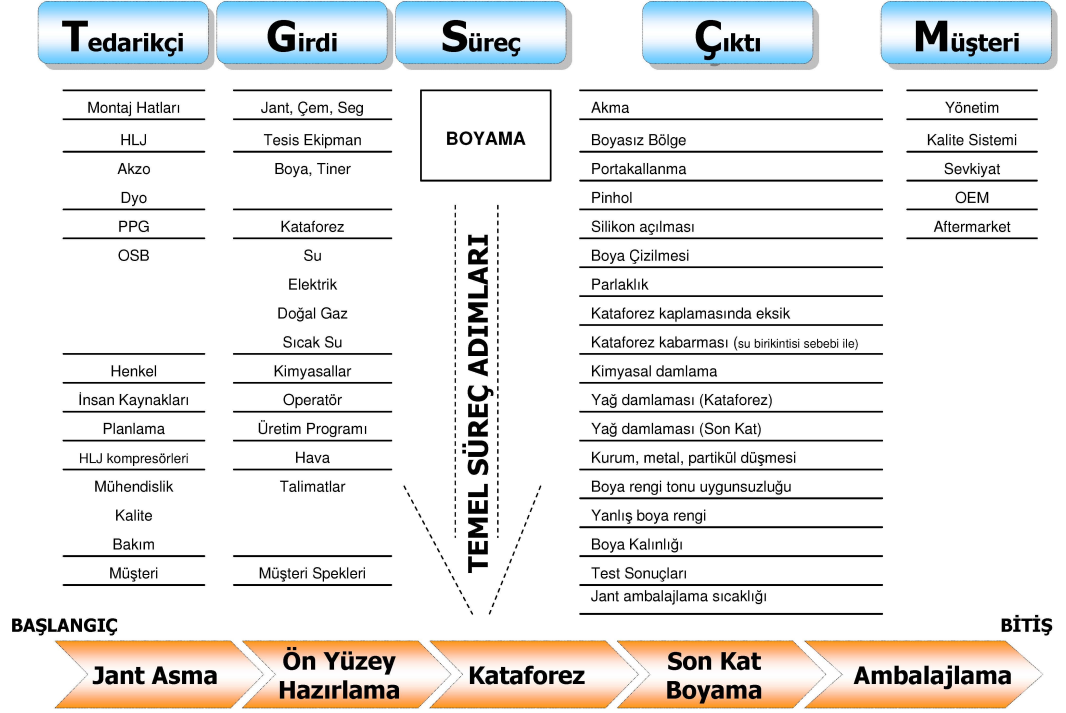


Şekil 3-5: Ağaç Diyagramı

Boya kusurlarının azaltılması; boya hatasız ürün üretme, uygun boya kalınlığı, kaplama performansı uygunluğu ve karton izinin olmaması ile sağlanacaktır. Yapılan incelemeler sonucu, süreçte sorun teşkil eden boya kusurlarının azaltılmasındaki anahtar faktörlerin dörde ayrıldığı bulunmuştur. Bu faktörlerden ilki, boya hatasız ürün üretmedir. Boya hatalarının nedenleri akma, boyasız bölge, boya çizilmesi, kataforez kaplamanın eksik olması, kataforez kabarması (su birikmesi), yağ damlaması, kurum partikül ve metal düşmesi ve diğer sebepler olarak belirlenmiştir. İkincisi, uygun boya kalınlığıdır. Boya kalınlığındaki uygunsuzluğu ortaya çıkaran neden olarak film kalınlığı olarak belirlenmiştir. Üçüncü faktör, kaplama performansıdır. Test sonuçları kritik karakteristiktir. Son faktör ise karton izidir. Karton izine neden olan unsurun jant ambalajlama sıcaklığından kaynaklandığı bulunmuştur.

3.5.1.5. TGŞÇM Analizi

İyileştirme projesinin konuyla ilgili bileşenlerini belirlemek ve süreçteki temel girdi, çıktı ve ihtiyaçları tanımlamak amacıyla TGŞÇM analizi yapılmıştır.



Şekil 3-6: TGŞÇM Analizi

Yapılmış olan TGŞÇM analizine göre; jant, çember ve segman montaj hatlarından tedarik edilmektedir. Tesis ve ekipman firmanın kendisinden, süreçte kullanılan boya ve tiner Akzo ve DYO'dan, kataforez PPG firmasından, su, elektrik, doğalgaz ve sıcak su OSB firmasından, kimyasallar Henkel'den, operatörler insan kaynakları departmanından, üretim programları planlama departmanından, hava HLJ kompresörlerinden, talimatlar mühendislik, kalite ve bakımdan müşteri gereksinimleri ise müşterilerden temin edilmektedir.

Boyama sürecinin temel adımları Şekil 3-2'deki boyahane süreç şemasından da görülebileceği gibi jant asma, ön yüzey hazırlama, kataforez, son kat boyama ve ambalajlamadır.

Süreç çıktıları ise akma, boyasız bölge, portakallanma, pinhol, silikon açılması, boya çizilmesi, parlaklık, kataforez kaplamasında eksik, kataforez kabarması (su birikintisi sebebi ile), kimyasal damlama, yağ damlaması (kataforez), yağ damlaması (son kat), kurum, metal, partikül düşmesi, boya rengi tonu uygunsuzluğu, yanlış boya rengi, boya kalınlığı, test sonuçları, jant ambalajlama sıcaklığıdır.

Müşteriler ise yönetim, kalite sistemi, sevkiyat, orijinal ekipman üreticileri (Original Equipment Manufacturer-OEM) ve pazar sonrası bakım ve yedek parça sağlama (aftermarket) olarak belirlenmiştir.

TGSÇM analizi ile firma tedarikçilerini ve girdilerini, üretim sürecini ve süreç girdilerinin meydana getirdiği çıktılar ve çıktıların talep eden müşterilerini aynı diyagram üzerinde net bir şekilde görme imkanına sahip olmaktadır.

3.5.1.6. Sebep Sonuç Matrisi

Boyahane sürecindeki süreç adımlarını, süreç girdilerini ve çıktıları ve bunlar arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla sebep sonuç matrisi düzenlenmiştir. Sebep sonuç matrisinde, çıktılar ve bu çıktıların oluşmasını sağlayan girdilerin ilişkileri gösterilir. Bu matriste akma, boyasız bölge, kataforez kaplamasında eksik, kataforez kabarması, son kat boyamada yağ damlaması, boya çizilmesi, kimyasal damlama, kurum-metal-partikül düşmesi, ambalaj yapışması, boya rengi tonu uygunsuzluğu, yanlış boya rengi çıktı olarak belirlenmiştir. Bu çıktıların müşteriler için önem derecesi, proje ekibindeki çalışanların katıldığı beyin fırtınası sonucu belirlenmiştir. Bu çıktılara müşterilerce verilen önem 1-10 arası rakamlarla önceliklendirilmiştir. Boya hatalarına en fazla neden olan çıktı 10 önem derecesi ile akmadır. Boyasız bölge 9 önem derecesi, kataforez kaplamasında eksik 8 önem derecesi, kurum-metal-partikül düşmesi 7 önem derecesi ile müşterilerce önemli kabul edilen hatalardır.

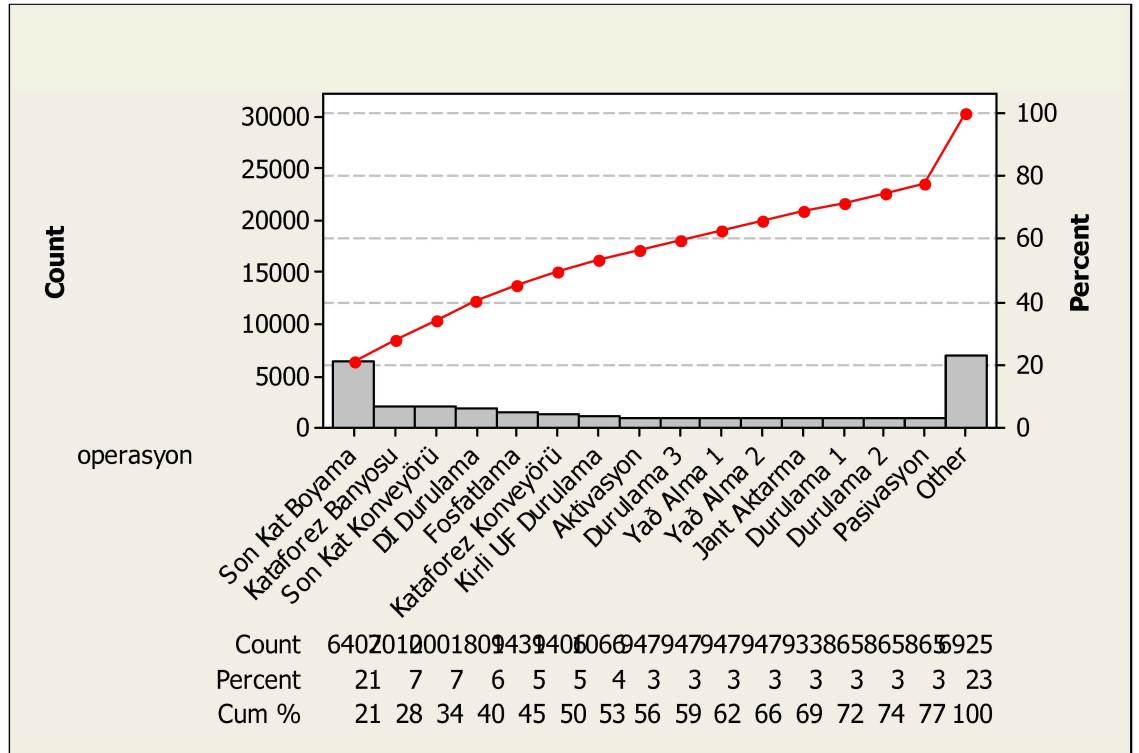
Süreç adımları ve süreç girdilerinin yer aldığı bir matris olan sebep sonuç matrisinde, girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkilere 1-10 arasındaki değerler verilerek girdilerin hatalı çıktıya sebep olma dereceleri belirlenmiştir. Her bir süreç adımındaki girdi ve çıktı ilişkisini gösteren katsayı ile hataların müşteriler için önem derecesini gösteren katsayı çarpılarak toplanır. En yüksek değere sahip süreç adımları belirlenip hata nedenleri bulunur. Düzenlenen sebep sonuç matrisine göre; son kat boyama, son kat konveyörü, görsel kontrol, kataforez konveyörü ve jant asma gibi süreç adımları hataların daha fazla görüldüğü adımlardır. Bu süreç adımları öncelikle ele alınıp gerçekleşen hatalar ortadan kaldırılmaya çalışılmalıdır.

Tablo 3-3:Sebeup Sonuç Matrisi

Müşteri için önem derecesi			10	9	8	8	6	6	5	3	7	2	2	2	TOPLAM
ÇIKTILAR			Akma	Boyasız Bölge	Kataforez kaplamasında eksik	Kataforez kabarması (su birikintisi sebebi ile)	Yağ damlaması (Kataforez)	Yağ damlaması (Son Kat)	Boya Çizilmesi	Kimyasal damlama	Kurum, metal, partikül düşmesi	Ambalaj yapışması	Boya rengi tonu uygunsuzluğu	Yanlış boya rengi	
Süreç Adımı	GİRDİLER														
227	Son Kat Konveyörü	Trolleylerin deformasyon durumu	9	9	1	1	1	7	1	1	1	1	1	1	262
196	Son Kat Boyama	Boya basıncı	10	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	256
188	Son Kat Boyama	Kancanın dönmemesi	10	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	245
194	Son Kat Boyama	Kancanın sallanması	10	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	245
191	Son Kat Konveyörü	Konveyör duruşları	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1	243
2	Son Kat Boyama	Boyanın tipi	8	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	229
203	Son Kat Boyama	konveyörün durması	9	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	228
210	Son Kat Konveyörü	I demirinin durumu	8	8	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	228
213	Son Kat Boyama	Jant tipi değişikliği sayısı	9	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	226
214	Son Kat Boyama	Boyanın kapatıcılığı	9	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	226
204	Son Kat Boyama	Tedarikçiye göre değişkenlik	7	7	1	1	1	1	1	1	1	1	6	1	222
200	Son Kat Boyama	Aksilatör hızı	7	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	218
187	Son Kat Boyama	Tiner tipi	8	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	217
198	Son Kat Boyama	Boya sıcaklığı	9	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	215
189	Son Kat Boyama	Hava basıncı	7	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	214
192	Son Kat Boyama	Boya vizkozite	10	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	209
181	Son Kat Boyama	Jant yüzey durumu	6	8	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	209
208	Son Kat Boyama	Jant sıcaklığı	7	5	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	207
195	Son Kat Boyama	Boya Rengi	8	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	207
190	Görsel Kontrol	Görsel kabul kriterleri	5	5	1	3	3	2	2	2	2	2	3	1	207

Sebepler sonuç matrisinin tamamı ek 1’de gösterilmiştir.

Sebepler sonuç matrisinin düzenlenmesinden sonra, süreç adımlarında meydana gelen hata oranları belirlenmiş ve Pareto şeması yardımıyla hataların en fazla görüldüğü süreç adımları tespit edilmiştir. Son kat boyama ve süreçteki diğer operasyonlarda meydana gelen hata yüzdeleri yüksektir.



Şekil 3-7: Hataların Görüldüğü Süreçlerin Belirlendiği Pareto Şeması

3.5.2. Ölçme Aşaması

Mevcut durumun belirlenmesi amacını taşıyan ölçme aşamasında, projenin mevcut durumunun görülebilmesi için ilgili verilerin toplanması gerçekleştirilmektedir. Bu sayede; süreç performansı hakkındaki verileri elde ederek problem alanları belirlenecektir. Bununla birlikte; veri tiplerinin, spesifikasyonların, ölçümün nasıl yapılacağı, ölçüm sistemi analizi bilgilerinin ve çeşitli açıklamaların yer aldığı bir ölçüm planı oluşturulmuştur. Bu tablo aşağıdaki gibidir.

Tablo 3-4: Ölçüm Planı

ÇIKTILAR	VERİ TİPİ	Spesifikasyon	Nasıl ölçülecek	Gage R&R	Cpk	Tarih	Sorumlu	AÇIKLAMA	Saat
Akma	Nitel	Var/Yok	Gözlem	x		23-24/12	ÖÖ, FG, ÇN, BK	akma ve boyasız bölge için toplam 20 jant karışık, 3 kaliteci	16:00 18:00
Boyasız Bölge	Nitel	Var/Yok	Gözlem	x					

GİRDİLER	VERİ TİPİ	Spesifikasyon	Nasıl ölçülecek	Gage R&R	Cpk	Tarih	Sorumlu	AÇIKLAMA	Saat
Trolleylerin deformasyon durumu	Nitel	Var/Yok	Gözlem	x		22.12.2004	ÖÖ, FG, ÇN, BK	30 adet	Saat 10:00
Jant sıcaklığı	Ölçülen	Jant sıcaklığı	Ölçüm cihazı		x	21.12.2004	ÖÖ, FG	50 jant sürekli ölçüm (Bijon kenarı, kasnak kısa taraf 15"	17:15 17:45
Kancanın sallanması	Nitel	Var/Yok	Gözlem	x		22.12.2004	ÖÖ, FG		16:00 18:00
Boyanın kapaticılığı	Ölçülen	Jant Film kalınlığı	Ölçüm cihazı	x	x	22.12.2004	FG,	disk kasnak ayrı ayrı ölçüm alınacak. Cpk için 30 jant, r&r için 10 jant	13:00
Boya sıcaklığı	Ölçülen	Boya sıcaklığı	Ölçüm cihazı		x	22.12.2004	Boya usta başısı	15 dk'da 1 ölçüm - 1 VARIL	08:00
Hava basıncı	Ölçülen	Hava basıncı	Ölçüm cihazı		x	21.12.2004	Boya usta başısı	saatte bir kabinden önceki 24 saat	13:00
Boya vizkozitesi	Ölçülen	Sec.	Ölçüm cihazı	x	x	22.12.2004	ÖÖ, FG	15 dk'da 1 ölçüm - 1 VARIL	08:00

Tabloda çıktı olarak belirlenen akma ve boyasız bölge için veri tipi nitel olup ölçümler gözlem yoluyla yapılmaktadır. Girdiler ise troylerin deformasyon durumu, jant sıcaklığı, kancanın sallanması, boyanın kapaticılığı, boya sıcaklığı, hava basıncı, boya vizkozitesi olarak belirlenmiştir. Girdilerden troylerin deformasyon durumu ve kancanın sallanması nitel özellikte veriler olduğundan ölçümleri gözlem yoluyla yapılacaktır. Diğer girdiler ise ölçülebilen nitelikte veriler olup ölçümlerinin ölçüm cihazları ile yapılması kararlaştırılmıştır.

Tablo 3-5: Ölçüm Planı 2

ÇIKTILAR	VERİ TİPİ	Spesifikasyon	Nasıl ölçülecek	Gage R&R	SONUÇ	Cpk	SONUÇ
Boya Hatası	Nitel	Var/Yok	Gözlem	%76	☹️		

GİRDİLER	VERİ TİPİ	Spesifikasyon	Nasıl ölçülecek	Gage R&R	SONUÇ	Cpk	SONUÇ
Jant sıcaklığı	Ölçülen	Jant sıcaklığı	Ölçüm cihazı			(-7.98) - (-7.51)	☹️
Boyanın kapaticılığı	Ölçülen	Jant Film kalınlığı	Ölçüm cihazı	%66	☹️	(2.57) - (3.31)	😊
Boya sıcaklığı	Ölçülen	Boya sıcaklığı	Ölçüm cihazı			1.53	😊
Hava basıncı	Ölçülen	Hava basıncı	Ölçüm cihazı			1.78	😊
Boya vizkozitesi	Ölçülen	Sec.	Ölçüm cihazı			1.94	😊

Ölçüm planı doğrultusunda, gerekli olan ölçüm ve gözlemler yapılmıştır. Boya hatasında ölçüm sistemi analizi kullanılarak ölçüm yapılmış ve nitel GAGE R&R sonucu % 76 olarak bulunmuştur.

Boyanın kapatıcılığı için ölçüm yapılmış olup % 66 Gage R&R oranına sahip olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca jant sıcaklığının ölçümlerinin sonucu da olumsuz çıkmıştır.

3.5.2.1. Ölçüm Analizi (Gage R&R)

Boya kusurları için ölçüm sistemi yeterliliğinin saptanmasında yapılan Gage R&R (yeniden üretilebilirlik ve yinelenebilirlik) analizi farklı üç operatör için yapılmıştır. Boya kusurları için yapılan nitel Gage R&R analizinde; 25 örnek ölçüm ele alınmıştır. Her bir örneğin taşınması gerekli özellik öncelikle uzmanlar tarafından belirlenmektedir. Üç farklı operatör aynı özelliği iki kere gözlemlemektedir. Operatörlerin yaptığı tüm gözlemler uzman tarafından belirlenen özelliklerle aynı sonucu veriyorsa sonuç olumlu, bir gözlemden bile farklılık görülürse sonuç olumsuz olacaktır.

Tablo 3-6: Ölçüm Sistemi Analizi (Gage R&R)

Örnek	Uzman	Operator 1		Operator 2		Opeartor 3		E/H
	Özellik	1. Gözlem	2. Gözlem	1. Gözlem	2. Gözlem	1. Gözlem	2. Gözlem	
1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NOK	H
2	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	E
3	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	E
4	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	E
5	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	E
6	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	E
7	NOK	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	H
8	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	E
9	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	E
10	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	E
11	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	E
12	OK	NOK	OK	OK	OK	OK	OK	H
13	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	E
14	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	E
15	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	E
16	OK	NOK	OK	OK	OK	OK	OK	H
17	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	E
18	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	E
19	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	E
20	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	OK	H
21	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	E
22	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	E
23	OK	OK	OK	NOK	NOK	OK	OK	H
24	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	E
25	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	E
		22/25	88%	24/25	96%	23/25	92%	76%

Yapılan 25 gözlemde 19 olumlu 6 olumsuz sonuca ulaşılmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda %76 oranında uygunluk bulunmuştur. Bu %76'lık oranın 100'e olabildiğince yakın olması gerekmektedir. Bu ölçümlerden sonra analizde görev alan çalışanlar eğitimden geçirilmiş ve ölçümler tekrarlanmıştır.

3.5.2.2. Süreç Sigması

Ölçme aşamasında, hata oranlarından yola çıkılarak sürecin sigma düzeyi hesaplanmaktadır.

2004- 2005 yıllarında aylara göre meydana gelen hatalardan hesaplanan milyonda hata sayısı ve sigma düzeyleri aşağıda hesaplanmıştır:

Tablo 3-7: Hesaplanan Sigma Düzeyleri

Aylar	Hatalı Üretim	Toplam Üretim	Milyonda Hata	Sigma Düzeyi
Şubat 2004	5021	91118	55104	3,095936
Mart 2004	6445	104072	61928	2,993496
Nisan 2004	5089	100304	50736	3,056624
Mayıs 2004	5679	100039	56768	3,110912
Haziran 2004	5480	116372	47090	3,21799
Temmuz 2004	2440	121007	20164	3,382788
Ağustos 2004	3465	92108	37619	3,349047
Eylül 2004	4730	107195	44125	3,185375
Ekim 2004	4762	100328	47464	3,222104
Kasım 2004	5083	98522	51593	3,064337
Aralık 2004	8135	108657	74869	2,944083
Ocak 2005	8356	108122	77283	2,960981
Şubat 2005	7145	105111	67976	3,035832
Mart 2005	4296	112058	38337	3,358381

Tablo 3-7: Hesaplanan Sigma Düzeyleri (Devamı)

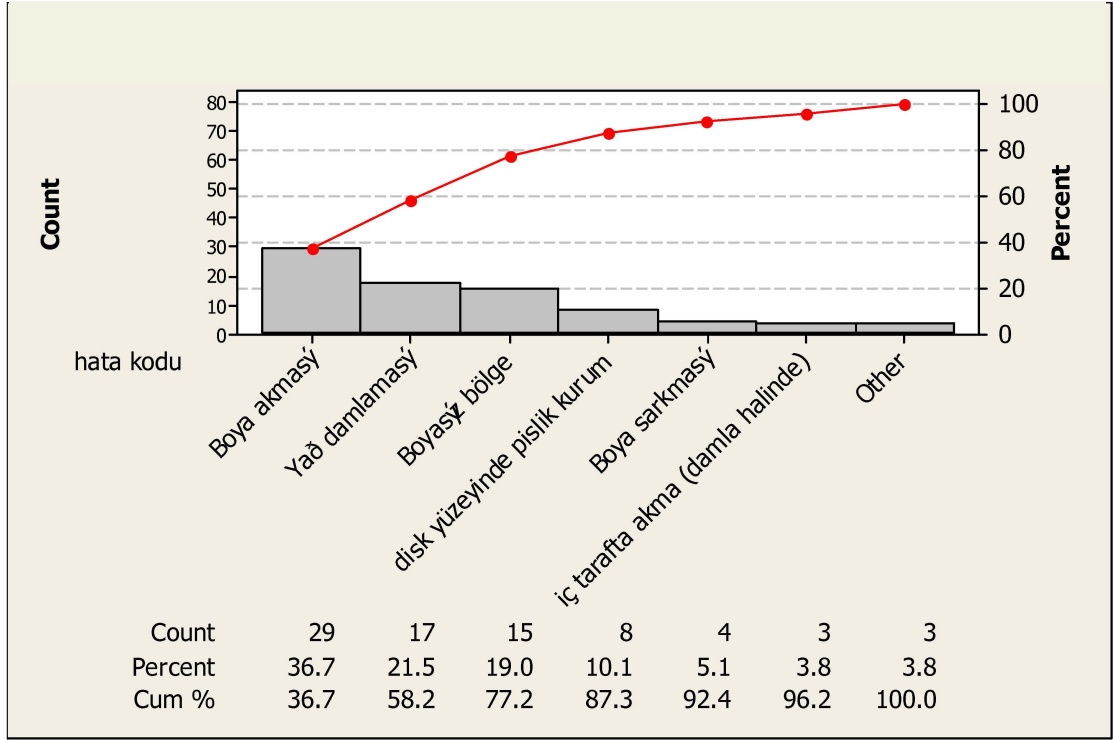
Aylar	Hatalı Üretim	Toplam Üretim	Milyonda Hata	Sigma Düzeyi
Nisan 2005	3197	115203	27751	3,511767
Mayıs 2005	3056	120116	25442	3,472514
Haziran 2005	3988	118443	33670	3,29771
Temmuz 2005	1889	98845	19111	3,805108
Ağustos 2005	2091	119006	17571	3,761988
Eylül 2005	2107	115063	18312	3,782736
Ekim 2005	2086	100043	20851	3,394467
Kasım 2005	1766	96062	18384	3,784752
Aralık 2005	2278	102507	22223	3,417791

Projenin başlangıç dönemi olan Kasım 2004'te gerçekleşen milyonda hata sayısı 51.593 ve milyonda hata sayısına denk gelen sigma değeri 3,06'dır. Milyon üretimde 51.593 hatalı jant oldukça yüksek bir rakamdır. Süreçte iyileştirmeler sağlanarak bu rakam azaltılmaya çalışılacaktır. (Sigma düzeyinin hesaplandığı tablo ve firmanın hatalı üretim oranları tablosu ek'te verilmiştir.)

3.5.3. Analiz Aşaması

Altı Sigma'nın analiz aşaması, projenin tanımlanması ve mevcut durumun belirlenmesinden sonra elde edilen verilerin yorumlanması ve analiz edilme aşamasıdır. Toplanan verilerin ne anlam ifade ettiğinin ve süreçte problem yaratabilecek noktaların belirlenmesinde oldukça önemli bir aşamadır.

Boyama hataları ile ilgili bulunan % 76'lık değer yükseltilmelidir. Bunun için de boya hatasına sebep olabilecek hata kodlarının belirlenmesi için Pareto Şeması kullanılmıştır.

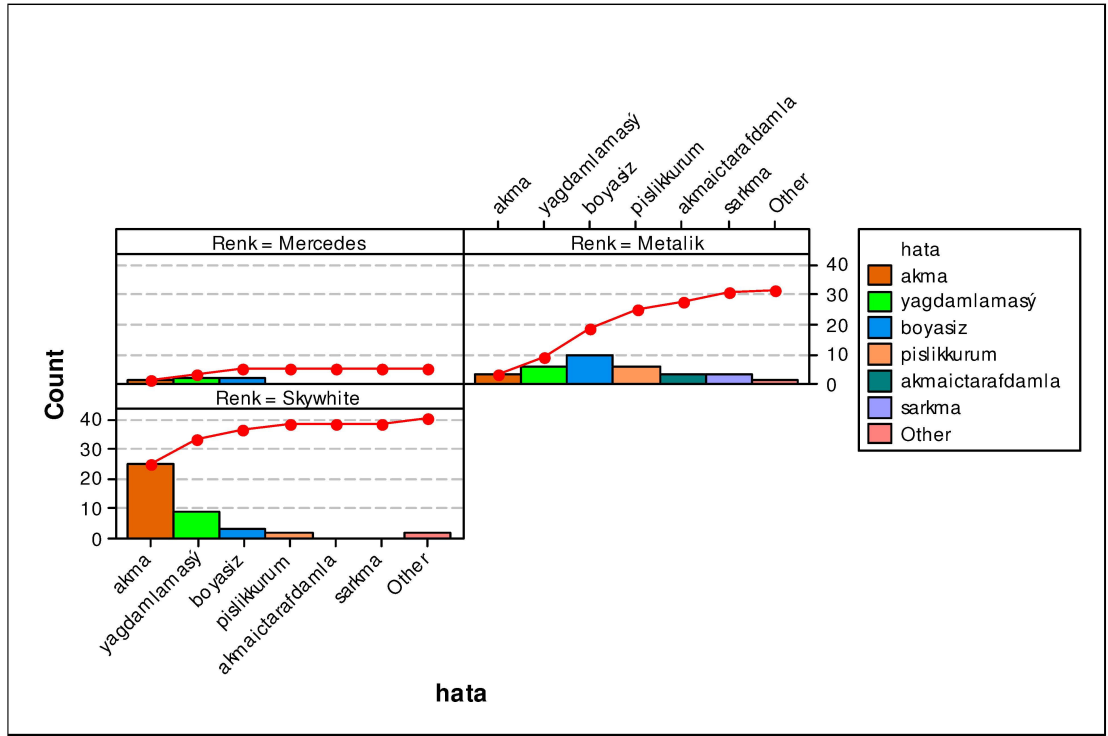


Şekil 3-8: Hata Kodunun Pareto Şeması

Pareto şemasında yedi farklı hata kodu baz alınmıştır. Boya hatası olan 79 adet jantın 29'u boya akması, 17'si yağ damlaması, 15'i boyasız bölge olması, 4'ü boya sarkması, 3'ü iç tarafta akma, 3'ü diğer durumlardan kaynaklanmaktadır.

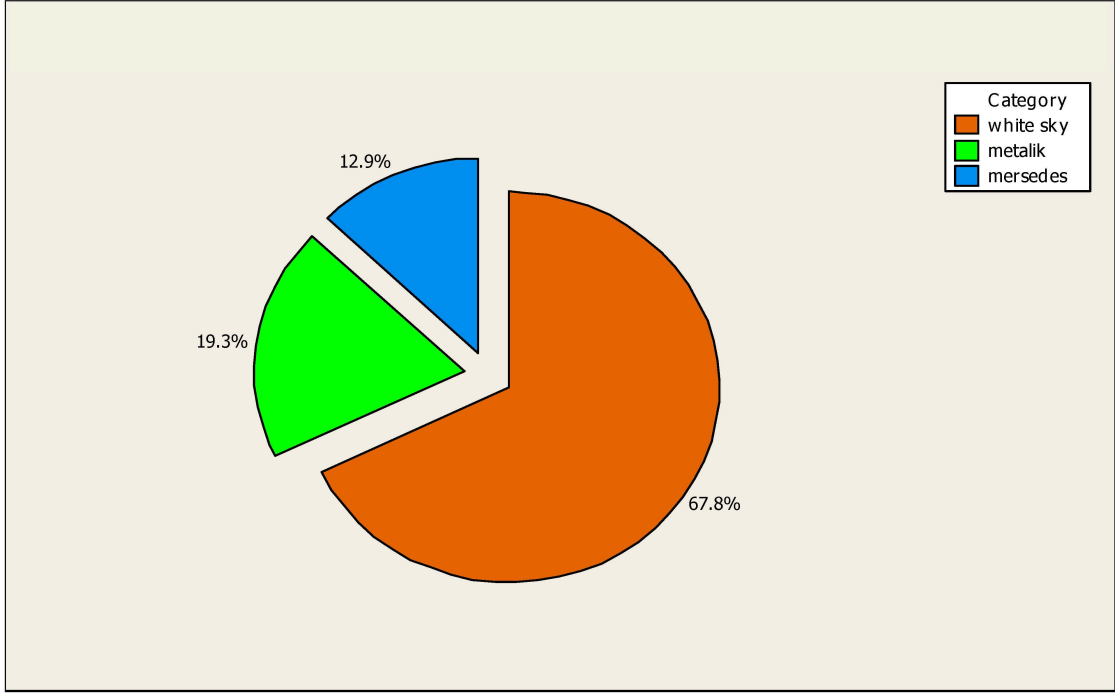
Boya akması % 36,7'lik oran ile hataya en fazla neden olan bir kusurdur. %21,5 oran ile yağ damlaması sebebiyle jantın boyasında hatalar meydana gelecektir. Hataların oluşmasına neden olan bir diğer faktör boyasız bölgenin bulunması ise % 19'luk bir değere sahiptir.

Firmada üç farklı renkte jant üretimi söz konusudur. Bu renkler mercedes, metalik ve skywhite'tır. Farklı renklere meydana gelen hataların hangi hata türünden kaynaklandığını belirlemek için Pareto şeması çizilmiştir.



Şekil 3-9: Renklere Göre Gerçekleşen Hataların Pareto Şeması

Mercedes renginde akma, yağ damlaması ve boyasız bölge olmasından kaynaklanan hatalar görülmekte ancak hata yüzdesi % 5'in altında gerçekleşmektedir. Metalik renkte, her hata kodunda hatalar meydana gelmekte fakat % 10'luk pay ile boyasız bölge en yüksek hata oranına sahip olmaktadır. Skywhite renginde akma, yağ damlaması, boyasız bölge, pislik kurum ve diğer sebeplerin etkisiyle boya kusurları meydana gelmektedir. Skywhite renginde % 25 hata oranı ile akma, boyama hatalarına en fazla etki eden hata türü olarak belirlenmiştir.



Şekil 3-10: Akmanın Renklere Göre Dağılım Grafiği

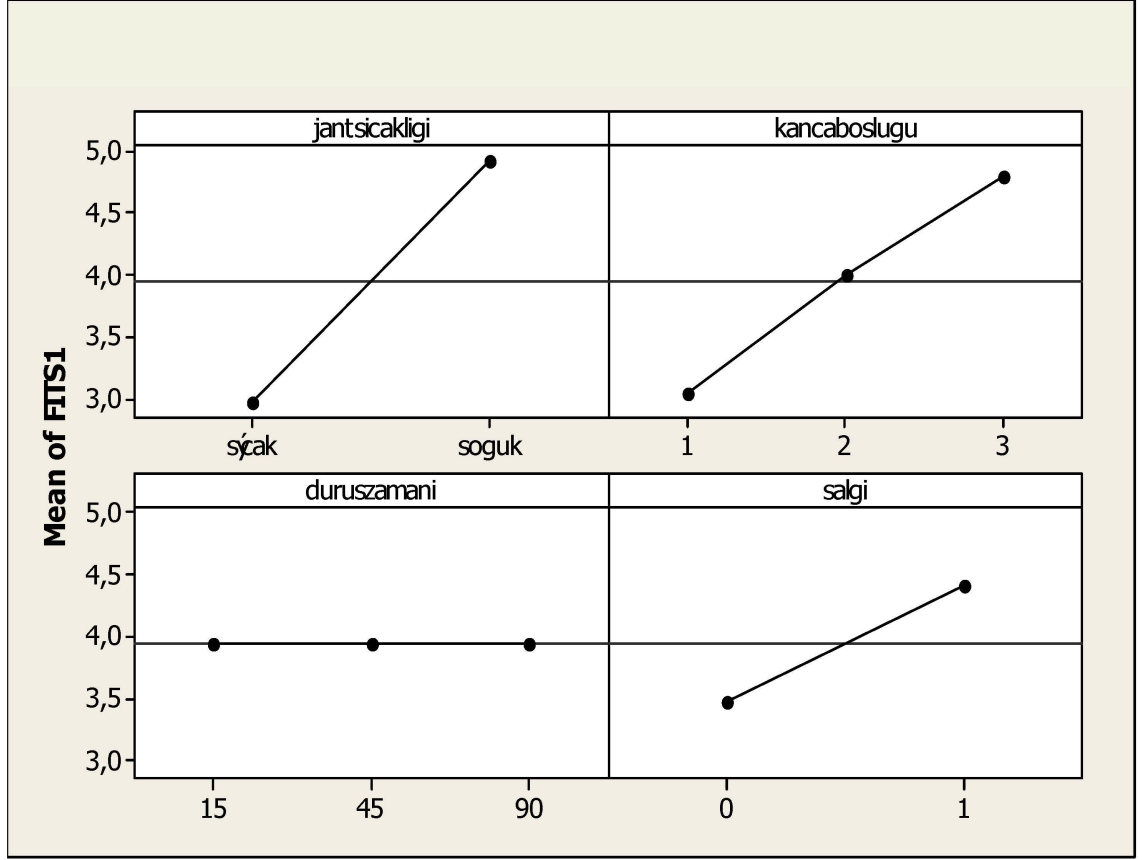
Renklere göre akmanın dağılım grafiği incelendiğinde; skywhite renginde % 67,8, metalik renkte %19,3, Mercedes renginde %12,9 oranında hata meydana gelmektedir. Skywhite boyada akma problemi yoğunluktadır.

3.5.4. İyileştirme Aşaması

Altı Sigma'nın iyileştirme aşaması; süreçte hataya neden olan faktörlerin belirlenmesinden sonra bu problemlerin nasıl ortadan kaldırılacağı ve ne gibi iyileştirmelerin yapılabileceğinin belirlendiği aşamadır. Jant boyasında hataya neden olan akmayı ortaya çıkaran değişkenler için deneyler tasarlanmıştır.

Deney tasarımı ile akma ölçülmüştür. Akmanın jant sıcaklığı, kanca boşluğu, duruş zamanı ve salgıdan kaynaklanabileceği düşünülerek deneyler tasarlanmıştır

Tablo: 3-8: Akma İçin Deney Tasarımı



Jant sıcaklığı sıcak ve soğuk olarak belirlenmiştir. Jant sıcakken daha az akma, jant soğukken daha fazla akma meydana gelmektedir.

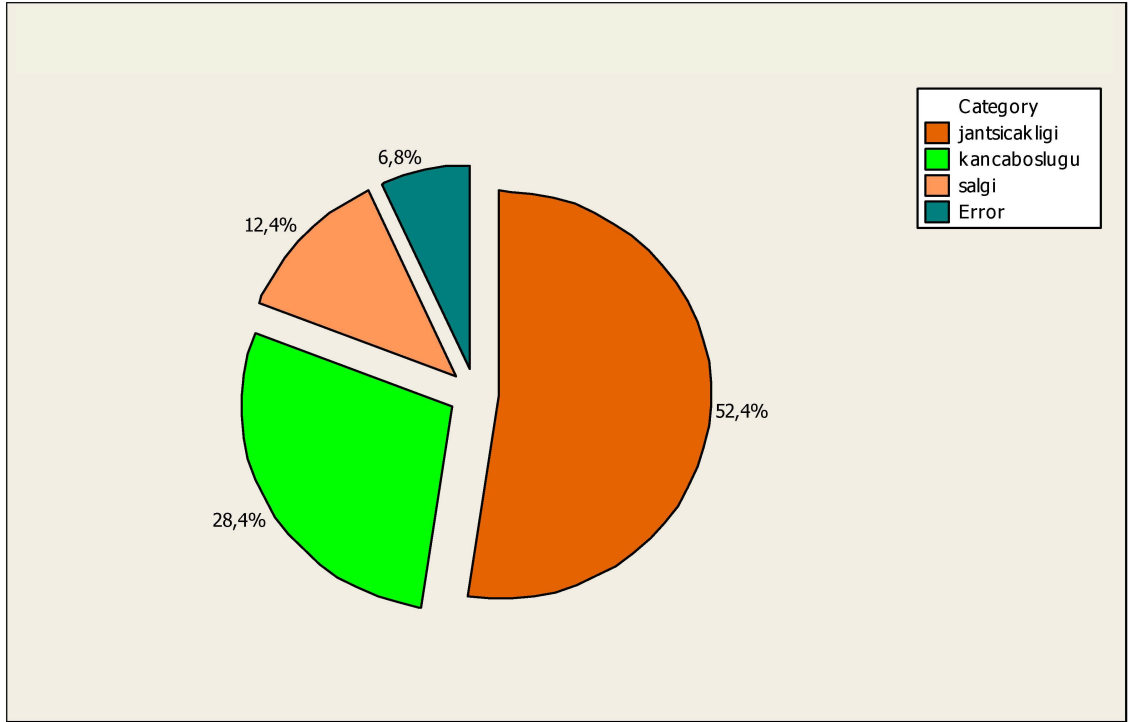
Kanca boşluğu 1, 2, 3 gibi üç farklı durum için deney tasarlanmıştır. Kanca birinci durumda iken daha az akma üçüncü durumda iken daha fazla akma görülmüştür.

Duruş zamanı 15, 45 ve 90 dakika için tasarlanan deneyler sonucunda, süreler gere göre akmada herhangi bir değişiklik söz konusu olmamaktadır. Duruş zamanı akmadan kaynaklanan hataları etkilememektedir.

Salgı için 0 ve 1 gibi iki farklı durum için yapılan deney sonucunda salgı 0'da iken daha az, salgı 1'de iken daha fazla akma meydana gelmiştir.

Yapılan deney tasarımı sonucu, jantın soğuk ya da sıcak gelmesi, her kancaya jant asılmaması ve kancaların salgılı dönmesinin problemlere neden olduğu belirlenmiştir.

Bu etkiler değerlendirildiğinde; boyama hatalarına en yüksek etkiyi %52,4 ile jant sıcaklığı, sonra %28 ile kanca boşluğu ve daha sonra %12,4 ile salgı yapmaktadır.



Şekil 3-11: Boya Akmasına Neden Olan Faktörlerin Dağılım Grafiği

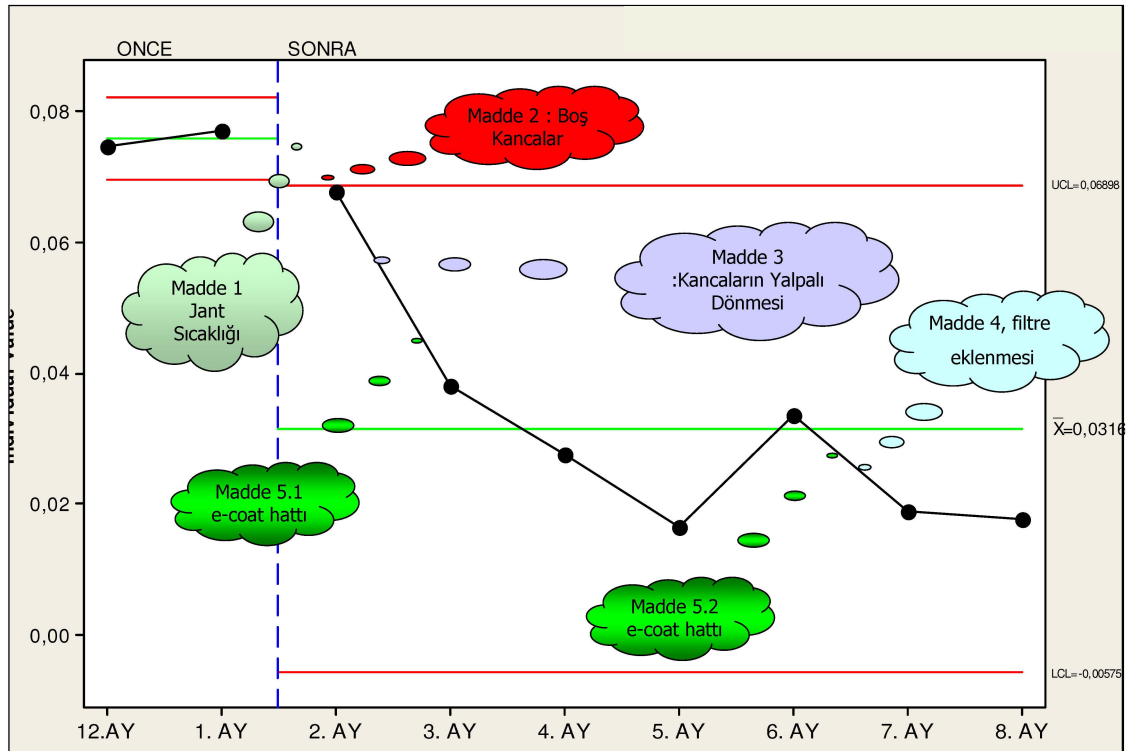
İyileştirme Önerileri;

Boyadaki akma kusurlarına neden olan jant sıcaklığı, kanca boşluğu ve salgı faktörlerinde yapılacak iyileştirmeler belirlenmiştir.

- İlk olarak; jant sıcaklığındaki iyileştirmeler üzerinde durulmaktadır. Jantlar soğukken daha fazla akma hatası olduğu için 30 dakikanın üzerinde her türlü duruşta jantların fırından bir kez geçirilip ısıtılmasına karar verilmiştir.

• Boş kancalara olan ihtiyacı giderebilmek için üretim bantına 50 adet yedek kanca eklenmiştir. Bantta sorun yaratan, dönmeyen ve jant asılamayan kancalar tamir edilmiştir.

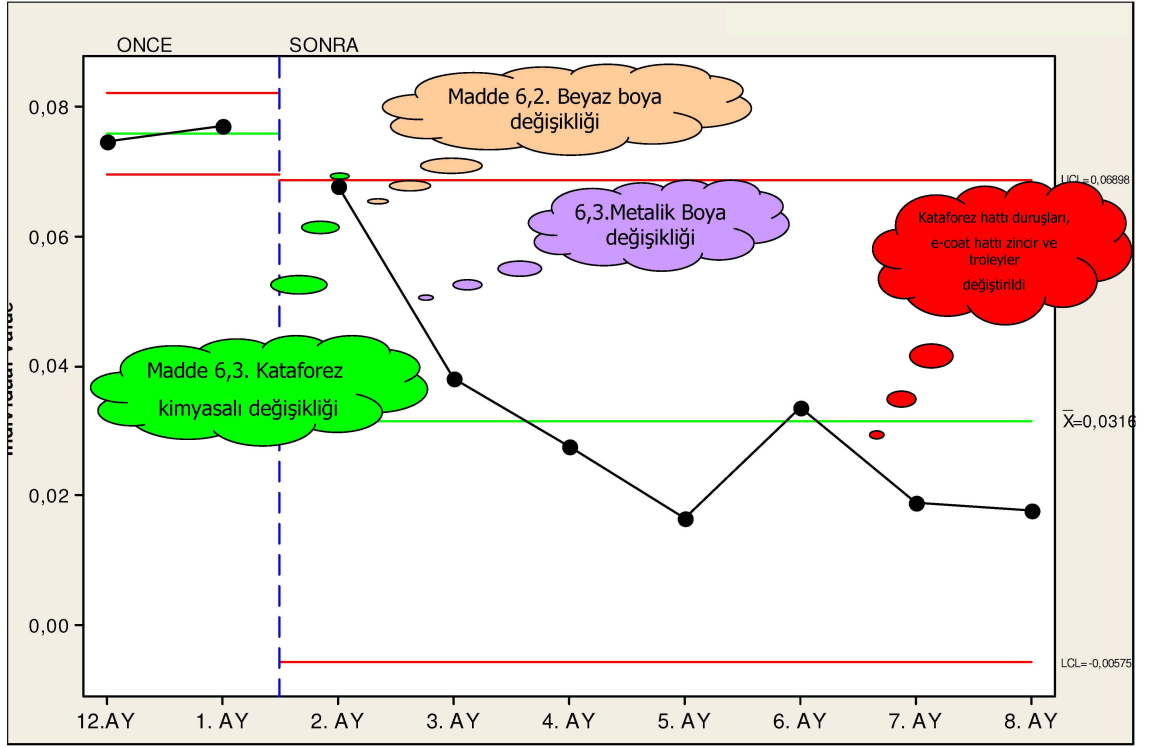
• Kancaların dönmesiyle ilgili olarak; son kat konveyörü trolley, lama ve zincirleri değiştirilmiştir. Kancaların dönüş hızı optimize edilmiştir. Döndürme ünitesi pozisyonu optimize edilmiştir.



Şekil 3-12: Ekipman ile İlgili İyileştirmelerin Kontrol Grafiği

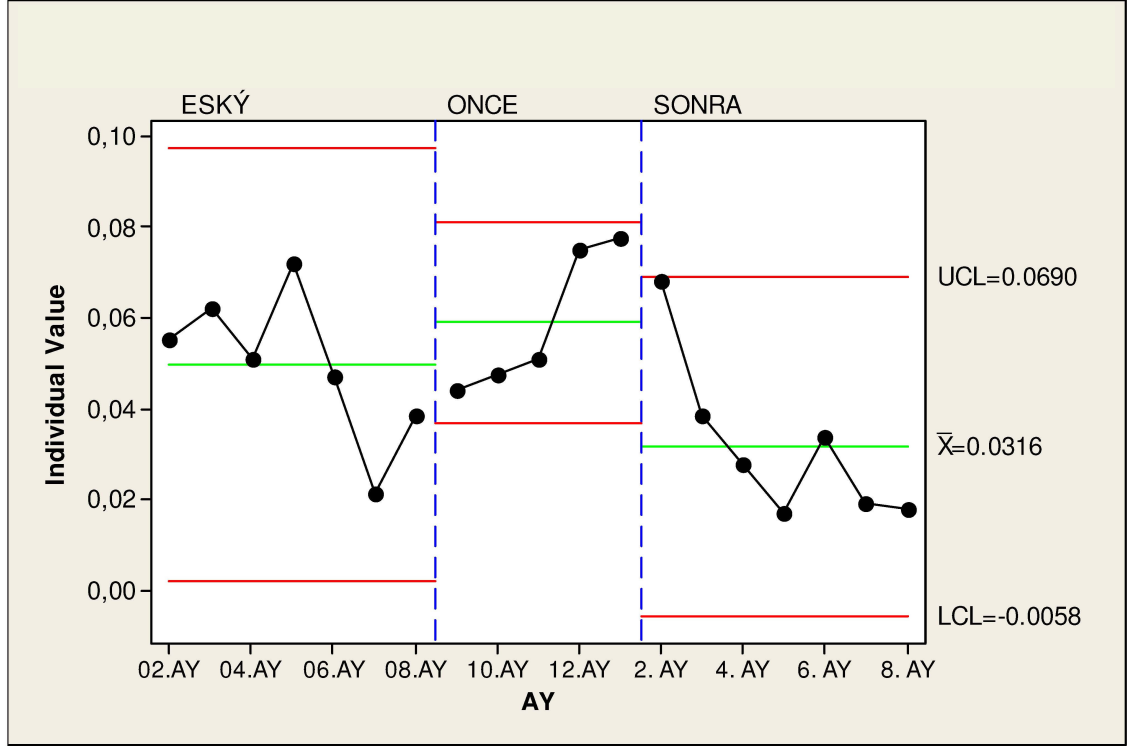
Ekipman ile ilgili olarak yapılan iyileştirmeler sonucu gerçekleşen hataları görebilmek için kontrol grafiği düzenlenmiştir. Jant sıcaklığı, boş kancalar ve kancaların dönmesi ile ilgili iyileştirmeler yapılmış, filtre eklenmiş ve bu iyileştirmelerle hata oranlarındaki değişmelerin izlenmesi amaçlanmaktadır. Hata ortalaması 0,0316 ve bu hata ortalaması için belirlenen ASL= - 0,00575 ve ÜSL= 0,06898'dir.

Proje başlamadan önce, hata oranları ÜSL'nin üstündeyken proje başladıktan sonra yapılan iyileştirmelerle hata oranı 0,07'den 0,03'e, 0,025'e ve 0,01'e inmiş daha sonra 0,03'e yükselmiş ve tekrar azalma eğilimi göstererek 0,02'ye inmiştir.



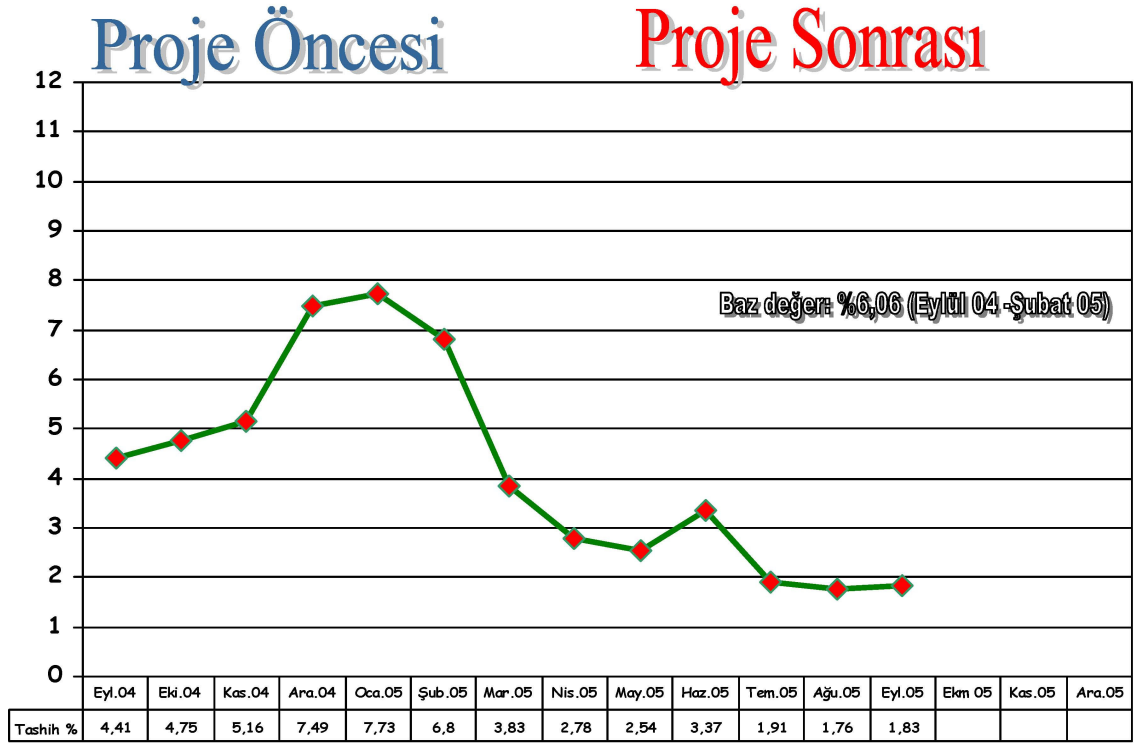
Şekil 3-13: Boyada Yapılan İyileştirmelerin Kontrol Grafiği

Beyaz ve metalik boya değişikliği yapılmıştır. Ayrıca kataforez kimyasalı da değiştirilmiştir. Kataforez hattındaki duruşlarda da iyileştirmeler yapılmıştır. Boya ile ilgili yapılan iyileştirmeler için düzenlenen kontrol grafiğinde hata oranlarının 0,06'dan 0,04'e 0,03'e 0,01'e indiği 0,03'e yükseldiği daha sonra 0,02'ye indiği görülmüştür. Süreç iyileştirmeleri yapılmadan önce hata oranları 0,06-0,07 arasında gerçekleşmektedir.



Şekil 3-14: Aylara Göre Hata Oranlarının Karşılaştırılması

Eski durum, proje öncesi ve sonrası durum birlikte ortaya koyulmuştur. Proje uygulanmadan önceki durumda alt spesifikasyon limiti %1 üst spesifikasyon limiti %9 ve ortalama değer %5 olarak belirlenmiş ve aylara göre hata oranları %5, %6,2, %5, %7, %4,9, %2, %4 olarak gerçekleşmiştir. Proje öncesinde alt spesifikasyon limiti %4 üst spesifikasyon limiti %8 ve ortalama değer %6 olarak belirlenmiş ve hata oranları %4,5, %5, %5,5, %7 ve % 8 olarak gerçekleşmiştir. Proje uygulaması sırasındaki durumda alt spesifikasyon limiti %0,05 üst spesifikasyon limiti %7 ve ortalama değer %3 olarak belirlenmiş ve hata oranları %7, %4, %3, % 2, %3,5, %2 şeklinde meydana gelmiştir. Projenin uygulanması ile sağlanan iyileştirmeler sonucu firmanın hatalı üretim oranı 0,02' ye inmiştir.



Şekil 3- 15: Proje Öncesi ve Sonrası Tashih Oranlarının Grafiği

Proje öncesinde ve sonrasında aylara göre oluşan hatalar grafikte incelenecek olursa proje sonrasında proje öncesine göre hata oranlarında ciddi bir iyileştirme görülmektedir.

3.5.5. Kontrol Aşaması

Altı Sigma'nın kontrol aşaması, Altı Sigma projesi ile sağlanan iyileştirmenin sürekliliğinin sağlanması için gerekli kontrollerin yapıldığı aşamadır. Bunun sağlanabilmesi için, işin yapılış şekillerinin ve işle ilgili değişikliklerin anlatıldığı kontrol planları hazırlanır. Operasyon tanımları geliştirilir.

Kontrol aşamasında, projenin uygulanmasıyla elde edilen iyileştirmenin sürekliliğinin sağlanması için kalite planları, operasyon planları ve son kat boyama talimatı oluşturulmuştur.

Tablo 3- 9:Kontrol planı

KALİTE PLANI Quality plan		PROJE GRUBU Project Team			Supplier Approval	Customer Approval	Yayın tarihi Issue Date	Rev. No/ tarih Page Rev.No	Sayfa Page	
							01.08.2004	2	13/16	
PARÇA Part	GENEL General	JANT KODU Whel Code	GENEL General		OPERASYON Operation	SON KAT BOYAMA Top Coating		MAKİNA Machine		
Sıra No	Ürün veya Proses Karakteristiği Product/Process Characteristics		Ölçü Spect	Talimat Instruction	C/C	Ölçüm Metodu Measurement Method	Kontrol Tipi Control Type			
							1	2	3	
10	P		Sıcaklık (Set degeri) Temperature (Set Value)	09 IT 048 Boyahane Ayar Parametreleri Listesi (Paint Line Adjustment List)		Main Control Cabinet (Ana Kontrol Panosu)				
20	P	Son kat kürlenme Top coat curing	Sıcaklık (Okunan) Temperature (reading value)	180 ± 20 09 IT 048		Visual on digital screen	1kez saat 1/h			
30	P		thermograf curve on each w heel family	09 IT 048 evaluation w ith curing w indow		Thermocouple		1kez 1 yıl 1 year	Term Thermoç	
40	P	Son kat hazırlama Paint Preparation	Vizkozite Viscosity	viskosite Sıcaklık eğrisi 09 OT 703		Vizkosimetre Viskosimetre F 110100	Seri başı Start of series			
50	P	Son kat boya Paint covering	Kasnak film kalınlığı Film thickness at rim part	Max 80 µm 09 IT 021		Mikrometre Micrometer F 110100	3kez vard 3/sft			
60	P	Son kat boya Paint covering (Volvo)	Disk film kalınlığı Film thickness at disc attachment face	Max 60 µm 09 IT 021						
70	P	Son kat boya Paint covering (Hayes)	Disk film kalınlığı Film thickness at disc attachment face	Max 40 µm 09 IT 021						
			Disk film kalınlığı Film thickness at disc attachment face	Max 76 µm 09 IT 021						
Ü : Ürün Karakteristiği Product		P : Proses Karakteristiği Process Characteristics		C/C : Kritik Karakteristik Critical Characteristics			1 : Proses teknisyeni / Process Technician 2 : Proses Technician 3 : Dış olanaklar / Measurement Technician			
İLGİLİ DOKÜMANLAR										
a) F090340 Katoferez ve son kat fırın sıcaklığı takip formu ED black and Top coad Temperature Follow-up Record Form			b) F090350 Kaplama kalınlığı kayıt formu Film Thickness Record Form		c) F02028X Jantış sistem elemanları listesi Jantış System Egupment List.		d) F110100 Ölçüm sistemi el Measurement Egupment Lis			
e) Automatic Boyama Talimatı			f) 09 OT 710 Son kat boyama operasyon talimatı		g) 09 IT 021 Mikrometre kullanma talimatı Micrometer Manual Instruction		h) 09 IT 048 Son kat fırını yč Oven Instruc			
i) 09 OT 703 (Sonkat Boya Hazırlama Talimatı (Top coat Paint preparation Instruction)			NOT: Yukarıdaki kontrol işlemleri çember ve segman için de geçerlidir.							

Son kat boyama ile ilgili ürün ve süreç karakteristiklerinin, bu karakteristiklerinin ölçülerinin, ürün veya süreç ile ilgili talimatların, kullanılan ölçü yöntemlerinin yer aldığı kontrol planı düzenlenmiştir.

Tablo 3- 10: Operasyon Resmi

OPERASYON RESMİ		OPERASYON KODU
		619
		MAKİNE ADI
		SON KAT BOYAMA MUTFAĞI
		MAKİNE KODU
		080.156.001
		KRİTİKLİK
NO	OPERASYONUN TANIMI	
1	Günlük Üretim Programı'na göre, gereken boyayı ve ilgili boyaya ait tineri klima ile şartlandırılmış boya hazırlama odasına al,	
2	Boya hazırlama odası sıcaklığının 20 ± 4 C arasında set edildiğini kontrol et,	
3	Hazırlayacağın boyayı, boya pompasının altına yerleştir ve en az beş dakika karıştırıcı yardımıyla karıştır.	
4	Boyanın sıcaklığını ve vizkozitesini kontrol et, ilgili ürün speği ile karşılaştır	
5	Sevkiyat viskositesinin spekt değerleri içinde olmaması durumunda boyayı kullanma, amirine bilgi ver.	
6	Boya sıcaklığının 20 C olması gerekir, 20 C nin den her bir 5 C sapmada viskosite- sıcaklık eğrisi kullanılarak boya, azar azar thinner ile uygulama viskositesine getirilir.	
7	Uygulama viskositesi Yaz aylarında 13 – 15 saniye, kış aylarında 15 - 18 saniye uygulama viskositesi ile çalışılır.	
8	Boya uygulama viskositesine getirildikten sonra üzerinde kabarcıklar kalmayacak şekilde karışmasını sağla.	
9	İşlem bittiğinde, F 09026X Son Kat Boya Hazırlama Formu'nu doldur.	
10	Boyama operatörü boya kabinine çıkarak Nordson kontrol panelinden boyayı değiştir.	
11	Boya değişiminde tabanca önünde jant olmamalıdır.	

Tablo 3-11: Boyama Talimatı

SON KAT BOYAMA TALİMATI

1.AMAÇ: Son kat filminin kürlenmesi ve istenen özellikleri elde etmek için fırınlama yapılmasıdır.

2.KAPSAM: Son kat fırını kapsar.

3.TANIMLAR:

4.İLGİLİ DOKÜMANLAR:

5.UYGULAMA:

5.1 Jant Asma planına göre asılan jant grupları Boyahane SAP operatörü tarafından kontrol edilir ve Boyahane amirine ve Formenlerine Jant Planı ile birlikte iletilir.

5.2 Kataforez hattından gelen jantlar, Jant Asma Talimatı uyarınca son kat konveyörüne 11 adet kanca boş bırakılarak asılır.

5.3 Boyahane formeni veya boyama operatörü Boya Hazırlama mutfağındaki boyayı kontrol eder, boya hazırlanması gerekiyorsa Boya Hazırlama talimatına göre hazırlar.

5.4 Boyama operatörleri, Son Kat Otomatik Boya Kabini Kullanım Talimatına göre ayar ekranına gelen jantın kodunu girer.

5.5 Boya değiştirilecekse; Son Kat Otomatik Boya Kabini Talimatına göre Nordson Panosu'ndan boyayı değiştirme için ilgili işlemi yapar.

5.6 Konveyörün hızını Boyahane Tesisi Çalıştırma Parametreleri'ne göre kullanım panosundan set eder.

5.7 Hava ve boya basıncı ve tabanca patern ayarlarını Son Kat Otomatik Boya Kabini Ayar tablosuna göre yapar.

5.8 Boyanan Jantı kabin çıkışında görsel olarak kontrol eder, Kalite Kontrol Elemanının onayını alır,

5.9 Müşteri bazında kuru film kalınlığı spektleri Kalite Planlarında verilmektedir. Boyama operatörü bu kalınlıkları sağlayabilmek için Yaş Film Kalınlık Ölçme cihazı ile Yaş Film Kalınlık Ölçme Talimatına göre ölçer ve uygunluğunu kontrol eder.

5.10 Boyama operatörü periyodik aralıklarla kabin öncesi ve boyama sonrası görsel kontrol yapar.

5.11 Operatörün yapması gereken kabin içi ve dışı temizlik faaliyetleri Temizlik ve Bakım Planına göre gerçekleştirilir.

5.12 Tabanca temizlikleri, Nordson panosunda her bir tabanca ekranı için görünen direnç değerlerine göre yapılır. 90 değeri ve üstü temizlik işleminin yapılması gerektiğini gösterir, temizlik işlemi boyama operatörü tarafından tabanca, bağlantı boruları üzerinde thiner ile yapılır.

5.13 Boyama kabini ekipmanlarının bakım faaliyetleri Planlı Bakım Planına göre yardımcı işletme elemanları tarafından gerçekleştirilir.

5.14 Sağlık ve güvenlik ile ilgili hususlar Güvenlik Bilgi Fişlerinde verilmektedir ve gerekli uyarıcı levhalar asılmıştır.

6. EKLER:

-Boyahane Tesisi Ayar Parametreleri Talimatı

-Son Kat Kalite Planı

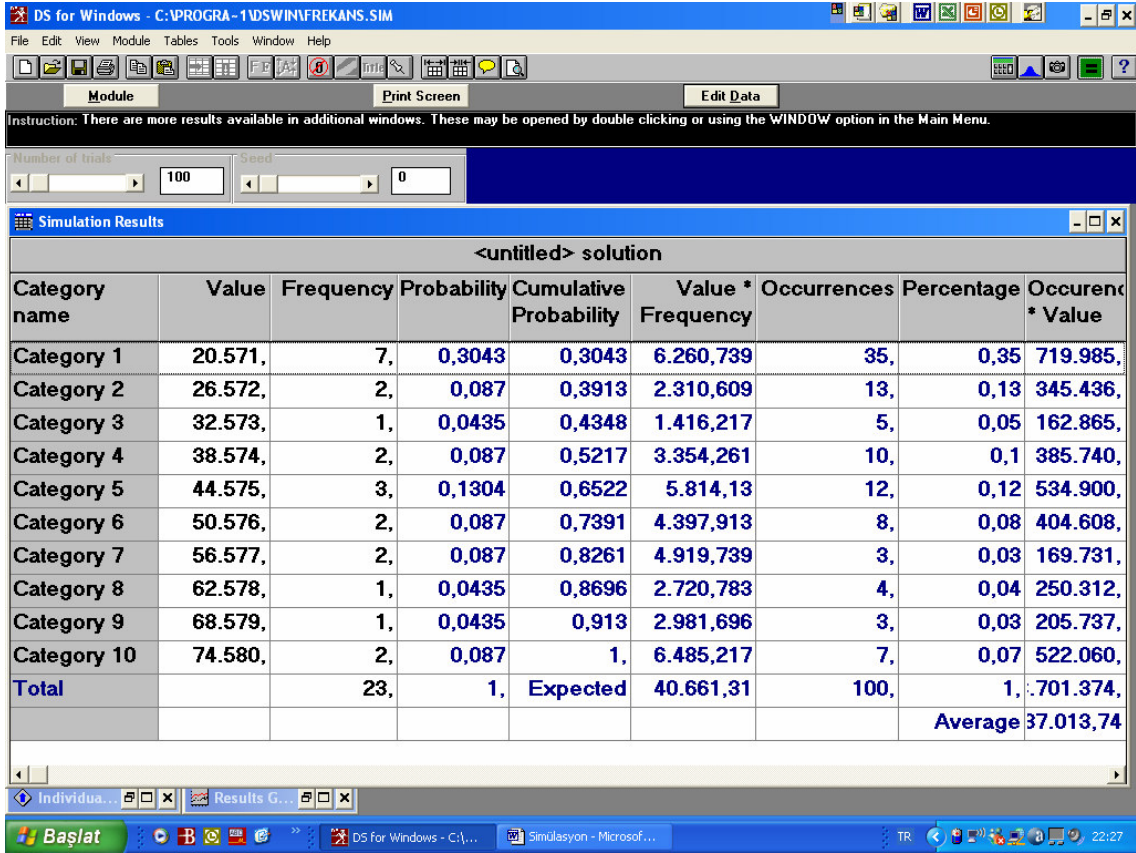
-Planlı Bakım Planı

-Boya Kürlenme Penceresi

-Ürün Gruplarına Göre Termograf Sonuçları

3.6. Altı Sigma Proje Uygulaması İle İlgili Simülasyon Analizi

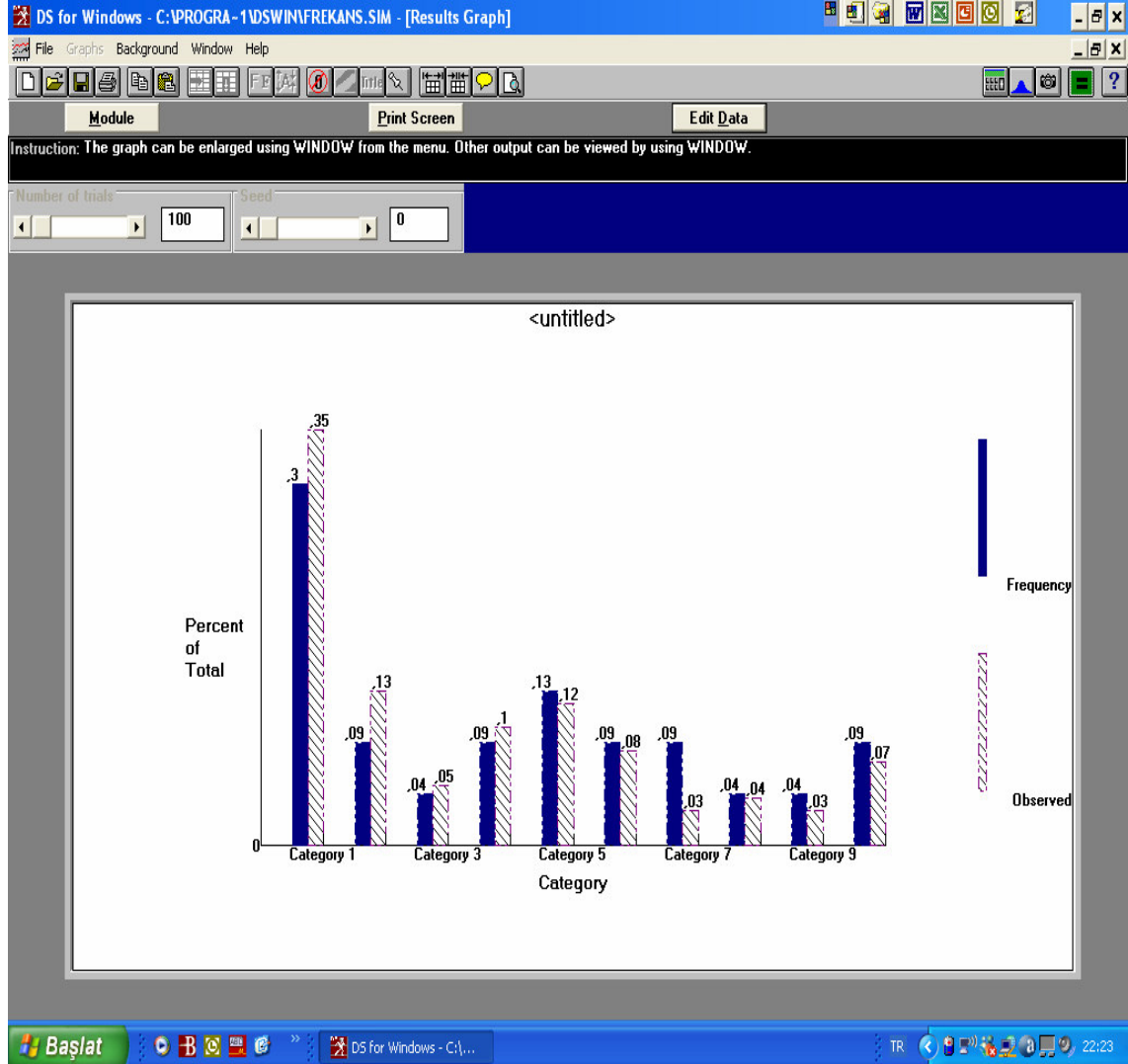
Proje ile ilgili olarak 23 adet gözlem verisine ulaşıldığı için; milyonda hata değerlerinin nasıl gerçekleşeceğini görebilmek amacıyla rastgele sayılar türeterek DS For Windows programında basit bir simülasyon uygulaması yapılmıştır. 23 adet veri 6000 sınıf aralıklı 10 sınıfa gruplanmış ve frekansları bulunmuştur. 100 deneme ile yapılan simülasyon sonuçları tabloda gösterilmiştir.



Category name	Value	Frequency	Probability	Cumulative Probability	Value * Frequency	Occurrences	Percentage	Occurrence * Value
Category 1	20.571,	7,	0,3043	0,3043	6.260,739	35,	0,35	719.985,
Category 2	26.572,	2,	0,087	0,3913	2.310,609	13,	0,13	345.436,
Category 3	32.573,	1,	0,0435	0,4348	1.416,217	5,	0,05	162.865,
Category 4	38.574,	2,	0,087	0,5217	3.354,261	10,	0,1	385.740,
Category 5	44.575,	3,	0,1304	0,6522	5.814,13	12,	0,12	534.900,
Category 6	50.576,	2,	0,087	0,7391	4.397,913	8,	0,08	404.608,
Category 7	56.577,	2,	0,087	0,8261	4.919,739	3,	0,03	169.731,
Category 8	62.578,	1,	0,0435	0,8696	2.720,783	4,	0,04	250.312,
Category 9	68.579,	1,	0,0435	0,913	2.981,696	3,	0,03	205.737,
Category 10	74.580,	2,	0,087	1,	6.485,217	7,	0,07	522.060,
Total		23,	1,	Expected	40.661,31	100,	1,	701.374,
							Average	37.013,74

Tabloda yüzde sütunu incelendiğinde; rastgele sayıların % 35'i 1 sınıfta yer alacak ve milyonda 20571 hatalı üretim gerçekleşecektir. Sayıların % 13'ü 26572 sınıf aralığında yer alacaktır. Milyonda hatanın yüksek olduğu sınıflarda daha düşük yüzdeler, milyonda hatanın düşük olduğu sınıflarda daha yüksek yüzdeler gözlenmektedir. Projeden sonra gerçekleşen üretimde, hatalı üretimin azalacağı sonucuna ulaşılmaktadır. Bu doğrultuda projenin uygulamasının firmanın hatalı üretiminin azalmasına olumlu katkıda bulunduğu görülmektedir.

Sınıflara göre gözlenen değerler ve frekansların dağılımı aşağıdaki gibidir. Birinci, ikinci ve beşinci sınıflar yüksek yüzdeye sahip sınıf olarak görülmektedir. Ayrıca frekans ve gözlenen değerlerde önce azalış, sonra artış ve tekrar azalış gözlenmektedir.



3.7. Altı Sigma Projesinin Sonuçları ve Projenin Uygulanmasında Karşılaşılan Zorluklar

Firmada Altı Sigma projesi olarak seçilen boya esaslı hataların azaltılmasına yönelik proje başarıyla sonuçlanmıştır. Jantların boyalarında meydana gelen hata

yüzdeleri oldukça yüksek olduğu için seçilen bu projede, öncelikle boyadaki hataların nerelerden kaynaklandığı belirlenmiştir. Hatalara akma, boyasız bölge ve konveyörden yağ damlamasının neden olduğu bulunmuştur. Hataya neden olan bu faktörlerin en önemlisinin akma olduğu belirlenmiştir. Boya akmasına neden olan problemler, jant sıcaklığı, salgı ve kanca boşluğudur. Bu problemlerin ortadan kaldırılabilmesi için deney tasarımları yapılmış olup deneyin sonuçlarına göre yapılması gereken iyileştirmeler belirlenmiştir. Jantların boyasında akmanın soğukken gerçekleştiği gözlenmekte, uzun süreli beklemede sıcaklığın ayarlanması için jantların fırına sokulması gerekmektedir. Ayrıca kancalar tamir edilmiş ve üretim bantına boş kanca ilave edilmiştir. Bu şekilde projede hedeflenen iyileştirme sağlanmıştır.

Yapılan bu iyileştirmeler sayesinde; milyonda hata sayısı proje başlangıcında 51.593 iken, proje tamamlandıktan sonra milyonda hata sayısı 17.571'e indirilmiştir. Milyonda hata sayısına denk gelen sigma değeri proje başlangıcında 3,06 iken, proje tamamlandıktan sonra 3,76'ya yükselmiştir. Hatalı üretim oranları % 7,34'ten % 2'ye indirilmiştir.

	Proje Öncesi	Proje Sonrası
Milyonda Hata Oranları	51.593	17.571
Sigma Düzeyi	3,06	3,76
Hatalı Üretim Oranı	% 7,34	% 2

Projenin uygulanmasıyla birlikte, tashihlerdeki azalma nedeniyle gerçekleşen kazanç, kapasite artışından kaynaklanan kazanç ve taşeron azalması nedeniyle gerçekleşen kazançların toplamı olarak 27532 €'luk kazanç sağlanmıştır.

Altı Sigma Projesinin Uygulanmasında Karşılaşılan Zorluklar

Altı Sigma projesi uygulanırken birtakım zorluklarla karşılaşmıştır. İlk olarak, 1.fazda proje konuları geniş kapsamlı olarak seçilmiş ve bu durum projenin planlanan süreden daha uzun sürede bitmesine neden olmuştur. Uygulanan projede karşılaşılan bir diğer zorluk, firmanın veri toplama sisteminin zayıflığı nedeniyle projelerin tanımlama ve ölçme aşamalarında uzun zaman kaybedilmesidir. Projede görev alan kara kuşakların projelere %100 zamanını ayırması, yeşil kuşakların da projelere minimum %30 zamanını ayırması gerekmektedir. Altı Sigma uygulamasında karşılaşılan diğer zorluk ise iş yoğunluğu ve kısıtlı personel sayısı nedeniyle çalışanların projeye gerekli zamanı ayıramamış olmasıdır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

İşletmelerin faaliyet gösterdikleri sektörde başarılı olabilmeleri için verimli ve karlı olarak çalışmaları gerekmektedir. Altı Sigma, işletmelerin verimlilik ve karlılıklarını önemli ölçüde iyileştirmelerini sağlayan bir yönetim sistemidir. Altı Sigma metodolojisinde, fire ve kaynak kullanımı minimize edilirken müşteri memnuniyeti ve sadakatının artırılması için iş süreçlerinin gözden geçirilip, iyileştirilmesi esastır.

Altı Sigma, işletme içersinde yapılan her faaliyette daha az hata yapılması yönünde rehberlik yapmaktadır. Kalite kontrol sistemleri ticari, sanayi ve tasarım hatalarını bulmaya ve düzeltmeye odaklanırken, Altı Sigma çok daha geniş anlamda, hataların ve firelerin bir daha gerçekleşmemesi için süreçlerin iyileştirilmesine yönelik spesifik bir metot sunmaktadır.

Müşteri memnuniyetine önem vererek, süreçteki iyileştirmeleri gerçekleştirme amacını taşıyan Altı Sigma, içinde buldukları zorlu pazar koşullarında rakiplerinden başarılı olmak isteyen işletmelerin uygulaması gereken son derece yararlı bir metodolojidir.

Altı Sigma süreçteki değişkenliği azaltabilmek için Toplam Kalite Yönetimi'nin araçlarından yararlanmaktadır. Mükemmelliği, yani "sıfır hata" düzeyinde bir ideali hedefleyen Toplam Kalite Yönetimi, tüm organizasyonun verimliliğini, etkinliğini ve rekabet edebilme gücünü iyileştiren bir yaklaşımdır. Altı Sigma'nın da temeli aynı mantığa dayanmaktadır. Ancak Altı Sigma metodolojisi Toplam Kalite Yönetimi'nden biraz daha kapsamlıdır. Toplam Kalite Yönetimi'nin araçlarının etkin kullanımının yanında istatistiksel analiz ve tekniklerden yararlanır. Bu sebeple Altı Sigma'nın işletmelerde başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için Toplam Kalite Yönetimi felsefesinin benimsenmiş olması gerekmektedir. Firmalarda Toplam Kalite Yönetimi alt yapısının bulunması Altı Sigma metodolojisinin uygulanmasını kolaylaştırır.

Altı Sigma metodolojisinin üstün yönlerinden birisi süreçten elde edilen gerçek verilerin ve bilgilerin kullanılıyor olmasıdır. Süreçte sorun teşkil eden süreç adımı

belirlendikten sonra sürecin mevcut durumu ölçülerek tamamen gerçek veriler elde edilir. Yapılması gereken iyileştirmeler bu gerçek veriler üzerinden belirlenir. Bu şekilde daha gerçekçi sonuçlar elde edilmiş olur.

Altı Sigma geniş istatistiksel teknikleri bünyesinde bulundurmaktadır. Gerçek süreç verilerinin analizinde istatistiksel tekniklerden yararlanmaktadır. Verilerin istatistiksel olarak analiz edilmesiyle; süreçteki problem daha net ve açık bir şekilde görülebilmektedir. Yapılacak yorumlar ve önerilecek çözümler daha mantıklı ve gerçeklere dayalı olacaktır.

Altı Sigma metodu organizasyondaki hataları sürekli azaltarak, organizasyonun ürün, hizmet ve süreç iyileştirmesinde proje odaklı bir yönetim yaklaşımıdır. Süreçte görülen hatalar önceliklerine göre ayrı ayrı projeler olarak ele alınırlar. Seçilen proje başarı ile tamamlandıktan sonra diğer proje iyileştirilmek üzere seçilir. Bu şekilde daha sistematik ve programlı olarak süreç iyileştirme gerçekleştirilmiş olur.

Altı Sigma'nın uygulandığı bir süreçte, sağlanan iyileştirme ve bu iyileştirme sonucu elde edilen parasal kazançlar somut bir şekilde görülmektedir. Hedeflenen değere ulaşıp ulaşılmadığı net olarak görülmüş olur.

Altı Sigma'nın başarılı olması, üst yönetimin desteğini alması ve aynı zamanda projelere üst yönetimin aktif katılımının sağlanmasından kaynaklanmaktadır. Üst düzey yöneticiler, projede yer alan ekibe Altı Sigma'nın uygulanması ile ilgili her konuda yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte, metodolojinin tüm çalışanlar tarafından benimsenmesini ve firma çalışanlarının arasında Altı Sigma kültürünün oluşmasını sağlamaya yardımcı olmaktadır.

Altı Sigma, müşteri istek ve gereksinimlerine önem veren, süreçteki uygunsuzlukları gidermeye yönelik bir iyileştirme sürecidir. Üst yönetimin desteğinin alınmasını, bilginin ve gerçek verilerin kullanılmasını, çalışanların sürekli eğitimini gerektirmesi nedeniyle metodolojiyi uygulayacak işletmelere büyük yararlar sağlamaktadır.

Bu tezde Altı Sigma'nın otomotiv sektöründe uygulanabilirliğini göstermek amacıyla bir örnek uygulama ele alınmıştır. Otomotiv sektöründe yan sanayi olarak faaliyet gösteren ve jant üretimi gerçekleştiren bir firmada üretim sürecinde meydana gelen hataların ortadan kaldırılması amacıyla Altı Sigma metodolojisi uygulanmıştır.

Sürecin incelenmesi sonucu, farklı süreç aşamalarındaki problemlerden öncelikli olarak boyahane sürecindeki hataların giderilmesi gerektiğine karar verilmiştir. Jantın boyanmasından kaynaklanan hatalar % 7 gibi oldukça yüksek bir orana sahiptir ve kalite kontrol sürecinden hataları düzeltilmek üzere geri gelen jant sayısı oldukça fazladır. Jant boyalarının hatalarının düzeltilmesi firmanın maliyetlerini arttırmaktadır. Bu sebeple boya kaynaklı kusurların azaltılmasına yönelik olarak bir proje seçilmiş ve Altı Sigma araçları uygulamaya koyulmuştur.

Proje seçildikten sonra; TÖAİK süreci çerçevesinde ele alınarak projede hedeflenen iyileştirme gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. TÖAİK sürecinin tanımlama aşamasında, projenin tanımı ve sınırları belirlenmiştir. Müşteriler ve tedarikçiler hakkında bilgi toplanmıştır. Müşteri istek, gereksinim ve şikayetleri belirlenmeye çalışılmıştır. Hataların bulunabilmesi için süreç incelenmiş ve jant boyasındaki hatanın en çok akma probleminden kaynaklandığı sonucuna ulaşılmıştır. Ölçme aşamasında, mevcut sürecin durumunu belirlemek amacıyla gerekli ölçümler yapılmış ve sürecin sigma düzeyi belirlenmiştir. Analiz aşamasında, boya akmasına neden olacak faktörler belirlenmiş ve bu faktörlerin akma üzerindeki etkilerinin belirlenebilmesi için deney tasarımı tekniğinden yararlanılmıştır. Yapılan deney tasarımı ile boya akmasına neden faktörün jant sıcaklığından kaynaklandığı bulunmuştur. Jant soğukken akmadan kaynaklanan hataların daha fazla olduğu görülmüştür. İyileştirme aşamasında, jantın soğumasını önlemek için önlemler alınmıştır. Bununla birlikte, üretim hattındaki ekipmanın bakımı yapılmıştır. Kontrol aşamasında ise gerçekleştirilen iyileştirmenin sürekliliğinin sağlanması için kontrol planları geliştirilmiştir. TÖAİK döngüsünün tamamlanmasıyla birlikte projenin başlangıcında hedeflenen iyileştirme gerçekleştirilmiş ve hata oranları oldukça azaltılmıştır. Projenin başlangıcında %7 olan hata oranı proje sonunda %2'ye indirilmiştir. Projenin sağladığı iyileşmenin incelenmesi için analizler yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, projenin

uygulanmasından sonraki durumda, hata oranlarında azalmalar olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Projenin uygulanmasıyla birlikte sigma düzeylerinde artış meydana gelmiştir.

Proje uygulanırken birtakım zorluklarla karşılaşılmıştır. Proje konularının geniş kapsamlı olarak seçilmesi projenin tamamlanma süresini uzatmıştır. Firmanın veri toplama sisteminin zayıflığı nedeniyle projelerin tanımlama ve  lme aşamalarında uzun zaman kaybedilmiştir. Son olarak, iş yoğunluğu ve kısıtlı personel sayısı nedeniyle çalışanlar projelere gerekli zamanları ayıramamışlardır.

Karşılaşılan sorunlara rağmen; Altı Sigma metodolojisi hataların azaltılması, karlılığın ve verimliliğin arttırılmasını sağlamada işletmeler için oldukça yararlıdır. Ancak Altı Sigma'nın sağlıklı bir şekilde uygulanabilmesi için firmaların etkin bir muhasebe ve yönetim bilgi sistemine sahip olması gereklidir. Etkin bir muhasebe ve yönetim bilgi sisteminin kullanılması Altı Sigma uygulamasında gerekli olan bilgilerin doğru ve hızlı bir şekilde elde edilmesine yardımcı olacaktır.

Altı Sigma metodolojisi uygulandığı ilk yıllarda sadece üretim alanında kullanılmıştır. Son yıllarda metodolojinin yararlarının görülmesi sonucu kullanım alanı artmaktadır. Üretim alanında faaliyet gösteren firmalara büyük yarar sağlayan metodoloji, hizmet alanında faaliyet gösteren firmalarda da uygulama imkanı bulabilmektedir. Yurtdışında hizmet sektöründe yapılan Altı Sigma uygulamaları başarıyla sonuçlanmıştır.

KAYNAKÇA

- AKTAN, C.; “Yönetimde Yeni Konseptler ve Teknikler”, (<http://www.sbe.deu.edu.tr/Yayinlar/dergi/2003sayi2PDF/ornek.pdf>), (Erişim Tarihi: 05. 03. 2006)
- BANUELAS, R., ANTONY, J.; “Going From Six Sigma To Design For Six Sigma:An Exploratory Story Using Analitic Hierarchy Process”, **The TQM Magazine**, Vol. 15, No.5, 2003,s.334-344.
- BASU, R., WRIGHT, J. N.; **Quality Beyond Six Sigma**, Boston Butterworth-Heinemann, Oxford, 2003.
- BAŞ, T.; **Altı Sigma** , Kalite Ofisi Yayınları, No.5, 2003. (www.kaliteofisi.com)
- BEHARA, R.S., FONTENOT, G.F., GRESHAM, A.; “Customer Satisfaction Measurement And Analysis Using Six Sigma”, **International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol.12, No. 3, 1995, s. 9 -18.
- BOZKURT, R.; “**Kalite Maliyetleri**”, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları No:641, Mert Matbaası, Ankara, 2003a.
- BOZKURT, R.; **Kalite İyileştirme Araç ve Yöntemleri**, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Mert Matbaası, Ankara, 2003b.
- BRUE, G., LAUNSBY, R. G.; **Design for Six Sigma**, London McGraw-Hill Professional, New York, 2003.
- CAULCUTT, R.; “Black Belt Types”, **Quality And Reliability Engineering International Qual. Reliab. Engng. Int.**, No.20, 2004, s. 427–432.

CORONADO, R.B., ANTONY, J.; “Critical Success Factors For The Successful Implementation of Six Sigma Projects in Organisations”, **The TQM Magazine**, Vol.14, No. 2, 2002, s. 92 – 99.

DANIEL W. W., TERRELL J. C.; **Business Statistics For Management And Economics**, Houghton Mifflin Company, New York, 1995.

DOĞAN, Ö. İ.; “Kalite Uygulamalarının İşletmelerin Rekabet Gücü Üzerine Etkisi”, **Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi** ,Cilt 2, Sayı 1, 2000.

ECKES, G.; **Herkes için Altı Sigma**, Yayıncılık Matbaası, İstanbul, 2005.

ECKES, G., **Six Sigma Team Dynamics : The Elusive Key To Project Success**, New York John Wiley & Sons, Inc., 2003.

ERDİLLER, A., ORBAK, A.Y.; “Otomotiv Yan Sanayinde Altı Sigma Araçlarının Kullanımı ve uygulama Örneği”, **V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu**, İstanbul Ticaret Üniversitesi, 25-27 Kasım 2005.

ERGİNEL, N. M.; “Tasarım Hata Türü Ve Analizinin Etkinliği İçin Bir Model Ve Uygulaması”, **Endüstri Mühendisliği Dergisi**, Cilt 15, Sayı 3 ,2004.

FİLİZ, A.; “İş Süreçlerinin İyileştirilmesinde Altı Sigma Felsefesi”, **Sektörel Tanıtım Dergisi**, Sayı.86, Şubat 2005,

<http://www.bilgiyonetiimi.org/cm/pages/mkl_gos.php?nt=573 >, (Erişim Tarihi: 08.09.2005)

GACK, G. A., ROBISON, K.; “ Integrating Improvement Initiatives: Connecting Six Sigma For Software, CMMI, Personal Software Process(PSM), And Team Software Process (TSP)”,**SQP**, Vol.5, No.4, ASQ, 2003.

- GOH, T.N., XIE, M.; “Improving On The Six Sigma Paradigm”, **The TQM Magazine**, Vol. 16, No. 4, 2004, s. 235 – 240.
- GRANT, E.L.,LEAVENWORTH, R.S.; **Statistical Quality Control**, McGraw-Hill Companies Inc, 1996.
- GUPTA, A. ; “A Stakeholder Analysis Approach For Interorganizational Systems”, **Industrial Management & Data Systems**, 1995, Vol.95, No. 6, s.3- 7.
- GÜMÜŞOĞLU, Ş.; **İstatistiksel Kalite Kontrolü Ve Toplam Kalite Yönetimi Araçları**, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul, 2000.
- HAIKONEN,A., SAVOLAINEN,T., JARVINEN,P.; “Exploring Six Sigma And CI Capability Development: Preliminary Case Study Findings On Management Role”, **Journal of Manufacturing Technology Management**, Vol.15, No. 4, 2004 , s. 369-378.
- HALAÇ, O., **İşletmelerde Simülasyon Teknikleri**, İstanbul Matbaası, İstanbul, 1982.
- HAN, C., LEE Y.H.; “Intelligent Integrated Plant Operation System For Six Sigma”, **Annual Reviews in Control**, Vol.26, Issue.1, 2002, s.27-43.
- HARRY, M., SCHROEDER, R.; **Six Sigma The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing The World’s Top Corporations**, New York, 2000.
- HENDERSON, K. M., EVANS,J.R.; “Successful Implementation of Six Sigma: Benchmarking General Electric Company”, **Benchmarking: An International Journal**, Vol.7, No. 4, 2000, s. 260 – 282.
- HOBOKEN, S. D. H., **Six Sigma for Financial Professionals**, , N.J. John Wiley & Sons, Inc. , 2003.

HONG, G.Y., GOH T.N.; “Six Sigma in Software Quality”, **The TQM Magazine**, 2003 Vol. 15, No.6, 2003, s. 364 – 373.

INGLE, S., ROE, W.; “Six Sigma Black Belt Implementation”, **The TQM Magazine**, Vol.13, No. 4, 2001, s. 273 – 280.

JURAN, J.M.,GRYNA, F.M.; **Juran’s Quality Control Handbook**”, McGRAW-HILL Book Company , Fourth Edition,1988.

KAZMIER, L. J., “**Schaum’s outline series, theory and problems of business statistics with computer applications**” , McGraw- HILL, INC, 1988.

KELLER, P. A.; “ **Six Sigma Demystified : A Self-Teaching Guide**”, Blacklick, OH,,: McGraw-Hill Companies, 2004.

KNOWLES, G., JOHNSON, M., WARWOOD, S.; “Medicated Sweet Variability: A Six Sigma Application At A UK Food Manufacturer”, **The TQM Magazine**, Vol. 16, No. 4, 2004, s. 284 – 292.

KOBU, B.; Üretim Yönetimi, Avcıol Basım- Yayın, İstanbul, 1998.

KWAK, Y. H., ANBARI, F. T.; “Benefits, Obstacles, And Future Of Six Sigma Approach”, **Technovation**, 2004.

LINDERMAN, K., SCHROEDER, R.G., CHOO, A. S.; “Six Sigma: The Role Of Goals In Improvement Teams”,**Journal of Operations Management**, 2005.

LINDERMAN, K., SCHROEDER, R.G., ZAHEER S., CHOO, A. S.; “Six Sigma: A Goal-Theoretic Perspective”, **Journal Of Operations Management**, Vol.21, Issue 2, March 2003, s. 193-203.

- MAHANTI, R., ANTONY, J.; “Confluence Of Six Sigma, Simulation And Software Development”, **Managerial Auditing Journal**; Technical Paper, Vol. 20, Issue.7, 2005.
- MALEYEFF, J., KRAYENVENGER, D. E.; “ Goal Setting With Six Sigma Mean Shift Determination”, **Aircraft Engineering And Aerospace Technology: An International Journal**, 2004 Volume: 76 Number: 6 Page: 577 – 583.
- MAN, J.; “Six Sigma and Lifelong Learning”, **Work Study**, Vol.51, No. 4, 2002, s.197 – 201.
- MARKARIAN, J., “Six Sigma: Quality Processing Through Statistical Analysis”, **Plastics, Additives and Compounding**, Vol. 6, Issue 4, 2004, s. 28-31.
- MATZLER, K., HINTERHUBER, H.H., BAILOM, F., SAUERWEIN, E.; “How To Delight Your Customers”, **Journal Of Product And Brand Mangement**, vol.5, no.2,1996, s.6-18.
- MCADAM,R., LAFFERTY, B.; “A Multilevel Case Study Critique Of Six Sigma: Statistical Control Or Strategic Change?”, **International Journal of Operations & Production Management**, 2004 Volume: 24 Number: 5 Page: 530 – 549.
- MOTWANI, J., KUMAR, A., ANTONY, J.; “A Business Process Change Framework For Examining The Implementation Of Six Sigma: A Case Study Of Dow Chemicals”, **The TQM Magazine**, Vol.16, No.4, 2004, s.273-283.
- O’NEILL, M., DUVALL, C. ;“A Six Sigma Quality Approach To Workplace Evaluation”, **Journal of Facilities Management**, Vol. 3, No.3, 2004, s. 240–253.

ÖZCAN, S.; “İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinden Pareto Analizi Ve Çimento Sanayiinde Bir Uygulama”, **C.Ü. İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi**, Cilt 2, Sayı 2, 2001, s.152.

PANDE, P.S., HOLPP, L.; **What is Six Sigma**, Mc Graw- Hill Professional, 2001.

PANDE, P. S., NEUMAN, R. P., CAVANAGH, R. R.; **Six Sigma Yolu GE, Motorola ve Zirvedeki Diğer Firmaların Performanslarını Yükseltme Yöntemleri**, (Çevirenler: Nafiz Güder, Güneş Tokcan), Klan Yayınları, İstanbul, 2004.

POLAT, A., CÖMERT, B., ARITÜRK, T.; **Altı Sigma Nedir?**, Pelin Ofset Matbaacılık, 2. Baskı, Ankara, 2005.

PYZDEK, T.; “Why Six Sigma isn’t TQM”, **Quality Digest**, No: 2, 2001.

PYZDEK, T.; “The Value of Six Sigma”, **Quality Digest**, No.12, 1999.

PYZDEK, T.; “The 1,5 Sigma Shift”, **Quality Digest**, No.5, 2001.

PYZDEK, T.; “DMAIC And Project Plans”, **Quality Digest**, No.12, 2000.

PYZDEK, T.; “Selecting Six Sigma Projects”, **Quality Digest**, No.9, 2000.

PYZDEK, T.; “Defining Ss Projects”, **Quality Digest**, No.4, 2000.

PYZDEK, T.; **The Six Sigma Project Planner : A Step-by-step Guide to Leading a Six Sigma Project Through DMAIC**, London McGraw-Hill Professional, New York, 2003.

RAISINGHANI, M. S., ETTE, H., PIERCE, R., CANNON, G., DARIPALY, P.; “Six Sigma: Concepts, Tools and Applications”, **Industrial Management and Data Systems**, Vol.105, No.4, 2005, s.491-505.

RATH and STRONG Management Consultant, **Six Sigma Pocket Guide**, Massachusetts, 2002.

RONNEY, E., OLFE, P., MAZUR, G.; “Gemba Research In The Japanese Cellular Phone Market”, **Transactions of the 12th Symposium on QFD**, June 2000.

ROWLANDS, H., ANTONY, J.; “Application Of Design Of Experiments To A Spot Welding Process”, **Assembly Automation**, Vol. 23, No. 3, 2003, S. 273 – 279.

SCHMEER,K.; “Stakeholder Analysis Guidelines”,
<<http://www.lachsr.org/documents/policytoolkitforstrengtheninghealthsectorreformparti-i-EN.pdf>> , (Erişim Tarihi: 28.04.2006)

SENAPATI, N. R.; “Six Sigma: Myths And Realities”, **International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol. 21, No. 6, 2004, s. 683 – 690.

SESHADRI, A., R.; CHAVALA, V., A., VEMURI, M.; “A methodology for managing multidisciplinary programs with six sigma approach”, **Engineering Management Conference Proceedings, IEEE International**, Vol. 2, 18-21 Oct. 2004. s.785 – 788.

SERARSLAN, M. N.; **İstatistiksel Süreç Kontrolü**, Mess Eğitim Vakfı, 1995.

SHAHIN, A.; “Integration of FMEA and The Kano Model: An Exploratory Examination”, **International Journal Of Quality And Reliability Management**, Vol. 21, no. 7, s. 731-746.

SHINA, S.G.; “**Six Sigma for Electronics Design and Manufacturing**”, McGraw-Hill Professional Engineering, New York McGraw-Hill Professional, 2002.

SIMON, K.; “ SIPOC Diagram”, <<http://www.isixsigma.com/library/content/c010429a.asp>> , (Erişim Tarihi: 06.04.2006).

- SITNIKOV, C.; “The Six Sigma Phenomena – Old Or New Perception Of Quality ?”, **Publication Series of the Institute for Regional Economics and Business Strategy**, Helsinki University of Technology Lahti Center, Lahti, 2002.
- TAN, S., PEŞKİRCİOĞLU, N.; “**Kalitesizliğin Maliyeti**”, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları No:316, Ankara, 1991.
- TENG S. H. (G.), HO S. Y. (M.), “Failure Mode And Effects Analysis An Integrated Approach For Product Design And Process Control”, **International Journal Of Quality& Reliability Management**, Vol. 13 No. 5, 1996.
- TONTINI, G.; “Identification Of Customer Attractive And Must Be Requirements Using A Modified Kano’s Method: Guidelines And Case Study”, **Quality Congress.ASQ’s Annual Quality Congress Proceedings**; 2000; s.728-734.
- WAXER, C.; “Quantify The Benefits Of Six Sigma Projects”, <http://www.isixsigma.com/library/content/c011112a.asp> >, (Erişim Tarihi:12.02.2005)
- WILSON,S.R., BALLANCE, R., POGANY, J.; **Beyond Quality:Agenda for improving manufacturing capabilities in developing countries**, University Press, Cambridge,1995.
- YANG, K.; EL-HAİK, B.;“**Design for Six Sigma : A Roadmap for Product Development**”, New York McGraw-Hill Professional, 2003.
- YENGİNOL, F.; **Yeni Ürün Geliştirmede Müşteri İstek Ve İhtiyaçlarını Teknik Karakteristiklere Dönüştürmeyi Sağlayan Bir Yöntem: Kalite Fonksiyon Göçerimi**, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 2000.
- YILMAZ, B. S.; “Hata Türü Ve Etki Analizi”, **Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, Cilt 2, Sayı:4, 2000, s.133-150.

EKLER

EK 1: Sebep Sonuç Matrisi

201	Son Kat Konveyörü	Trolley lamalarının durumu	8	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	207
14	Son Kat Boyama	Pompa basıncı	7	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	202
205	Son Kat Boyama	Operatör	6	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	197
209	Son Kat Boyama	Tabancanın temizliği	6	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	197
175	Son Kat Boyama	Jant devir hızı	7	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	195
197	Son Kat Boyama	Tabanca ayar parametreleri	7	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	195
180	Kataforez Konveyörü	Konveyör duruşları	7	1	1	3	1	1	1	1	1	7	1	1	1	192
206	Son Kat Boyama	Tabanca sayısı	6	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	187
183	Jant Asma	Operatör	1	1	5	6	5	1	1	1	1	1	1	1	6	180
182	Son Kat Konveyörü	Konveyör hızı	5	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	1	178
13	Kataforez Konveyörü	Konveyör hızı	5	1	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	178
199	Son Kat Boyama	Tarak açısı	5	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	174
7	Kataforez Konveyörü	Trolleylerin temizliği	1	1	1	1	7	1	1	8	7	1	1	1	1	173
1	Jant Asma	Asma Talimatı	1	1	7	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	170
174	Son Kat Konveyörü	Askının temizliği	1	7	1	1	1	1	1	1	7	1	1	1	1	170
193	Son Kat Boyama	Kancaların temizliği	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	153
12	Kataforez Konveyörü	İ demirinin temizliği	1	1	1	1	7	1	1	1	7	1	1	1	1	152
177	Son Kat Konveyörü	Trolleylerin temizliği	1	1	1	1	1	7	1	1	7	1	1	1	1	152
164	Kataforez Fırını	Konveyör hızı	6	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	151
202	Son Kat Boyama	Kabinin temizliği	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	150
129	Kataforez Banyosu	Nozzle oryantasyonu	1	1	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	146
130	Kataforez Banyosu	Pompa Basıncı	1	1	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	146
144	Kirli UF Durulama	Pompa arızası	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	146
152	DI Durulama	Pompa arızası	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	146
154	Hava Duşları	Hava duşları	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	146
157	Hava Duşları	Fan arızası	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	146
179	Son Kat Konveyörü	Zincirin temizliği	1	1	1	1	1	6	1	1	7	1	1	1	1	146
165	Maskeleme	Tapa yüzeyindeki boya	1	3	1	1	1	1	1	1	8	1	1	1	1	141
219	Son Kat Fırını	Kürlenme zamanı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	10	1	1	137
207	Son Kat Boyama	Kabin sıcaklığı	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	137
161	Kataforez Fırını	Fırın Temizliği	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	137
220	Son Kat Fırını	Fırın temizliği	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	137
185	Son Kat Boyama	Familya bazında jant asılıyor mu?	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	136
186	Son Kat Boyama	Jant asma listesi düzgün mü?	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	136
176	Son Kat Konveyörü	Trolleylerin yağlama durumu	2	2	1	1	1	8	1	1	1	1	1	1	1	135
159	Kataforez Fırını	Fırın set sıcaklığı	5	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	135
172	Jant Aktarma	Fotosel durumu	4	2	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	133
143	Kirli UF Durulama	Konveyör duruşları	1	1	1	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	130
151	DI Durulama	Konveyör duruşları	1	1	1	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	130
163	Kataforez Fırını	Brülör Arızası	1	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	128
216	Flash Off	Konveyör hızı	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	124
217	Son Kat Fırını	Fırın set sıcaklığı	1	1	1	1	1	1	1	1	4	10	3	1	1	123
131	Kataforez Banyosu	Filtre kontrolü	1	1	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	122
134	Kataforez Banyosu	Konveyör duruşları	1	1	1	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	122
135	Kataforez Banyosu	Pompa arızası	1	1	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	122

142	Kirli UF Durulama	Giren UF debisi	1	1	1	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	122
150	DI Durulama	Giren DI su debisi	1	1	1	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	122
156	Hava Duşları	Konveyör duruşları	1	1	1	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	122
184	Son Kat Konveyörü	Asılı jantin düşmesi	1	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1	119
212	Son Kat Boyama	Boya Varilinin bitmesi	1	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	119
6	Kataforez Konveyörü	Trolleylerin yağlama durumu	1	1	1	1	8	1	1	1	1	1	1	1	1	116
9	Kataforez Konveyörü	Zincirin temizliği	1	1	1	1	1	1	1	1	7	1	1	1	1	116
221	Son Kat Fırını	Konveyör hızı	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	6	1	1	114
3	Jant Asma	Asma Listesi	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	9	1	1	114
141	Kirli UF Durulama	Katı madde	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	114
145	Kirli UF Durulama	Konveyör hızı	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	114
153	DI Durulama	Konveyör hızı	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	114
168	Jant Aktarma	Yön kontrolü	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	114
238	Soğutma 2	Jant sıcaklığı	1	1	1	1	1	1	8	1	1	1	1	1	1	109
239	Soğutma 2	Konveyör hızı	1	1	1	1	1	1	8	1	1	1	1	1	1	109
240	Jant İndirme	İndirme gerçekleşiyor mu?	1	1	1	1	1	1	8	1	1	1	1	1	1	109
252	Hatlarda Tashih	Tashih ekipmanları	1	1	1	1	1	1	8	1	1	1	1	1	1	109
253	Hatlarda Tashih	Tashih metodu	1	1	1	1	1	1	8	1	1	1	1	1	1	109
254	Hatlarda Tashih	Operatör	1	1	1	1	1	1	8	1	1	1	1	1	1	109
4	Kataforez Konveyörü	Askının temizliği	1	1	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	109
158	Hava Duşları	Konveyör hızı	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	106
169	Jant Aktarma	Senkronizasyon	1	1	1	1	1	1	7	1	1	1	1	1	1	104
170	Jant Aktarma	Konveyör hızı	1	1	1	1	1	1	7	1	1	1	1	1	1	104
171	Jant Aktarma	Aktarma aparatlarının durumu	1	1	1	1	1	1	7	1	1	1	1	1	1	104
173	Jant Aktarma	Rulo bandın durumu	1	1	1	1	1	1	7	1	1	1	1	1	1	104
233	Sübab Takma	Sübab merkezleme aparatı	1	1	1	1	1	1	7	1	1	1	1	1	1	104
237	Sübab Takma	Operatör	1	1	1	1	1	1	7	1	1	1	1	1	1	104
241	Jant İndirme	Senkronizasyon	1	1	1	1	1	1	7	1	1	1	1	1	1	104
5	Kataforez Konveyörü	Trolleylerin deformasyon durumu	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	1	1	104
211	Son Kat Boyama	Renk Değişimi sayısı	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	104
21	Yağ Alma 1	Banyo fırçaları kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	101
32	Yağ Alma 2	Banyo fırçaları kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	101
42	Durulama 1	Banyo fırçaları kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	101
52	Durulama 2	Banyo fırçaları kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	101
62	Aktivasyon	Banyo fırçaları kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	101
73	Fosfatlama	Banyo fırçaları kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	101
90	Durulama 3	Banyo fırçaları kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	101
101	Pasivasyon	Banyo fırçaları kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	101
110	DI Durulama	Banyo fırçaları kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	101
222	Son Kat Fırını	Konveyör duruşları	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1	1	101
166	Maskeleme	Tapanın düzgün oturması	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	101
137	Kirli UF Durulama	Pompa Basıncı	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	98
138	Kirli UF Durulama	Nozzle oryantasyonu	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	98
139	Kirli UF Durulama	Filtre kontrolü	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	98
146	DI Durulama	Pompa Basıncı	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	98
147	DI Durulama	Nozzle oryantasyonu	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	98
148	DI Durulama	Filtre kontrolü	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	98
178	Son Kat Konveyörü	Zincirin deformasyon durumu	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	95
235	Sübab Takma	Takma zamanı	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	94
236	Sübab Takma	Hat hızı	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	94

249	Otomatik Rötüş	Senkronizasyon	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	94
215	Flash Off	Flash off süresi	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	94
223	Soğutma 1	Jant sıcaklığı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1	1	1	92
231	Tashih	Tashih kriterleri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	1	1	89
225	Görsel Kontrol	Işık kaynağı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	86
226	Görsel Kontrol	Kontrol aynasının uygunluğu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	83
255	Ambalajlama	Ambalajlama standartları	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	79
8	Kataforez Konveyörü	Zincirin deformasyon durumu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
10	Kataforez Konveyörü	Akım pabuçlarının durumu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
11	Kataforez Konveyörü	I demirinin durumu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
15	Yağ Alma 1	Toplam alkalite	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
16	Yağ Alma 1	Pompa basıncı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
17	Yağ Alma 1	Banyo sıcaklığı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
18	Yağ Alma 1	Yağ konsantrasyonu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
19	Yağ Alma 1	Filtre kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
20	Yağ Alma 1	Nozzle oryantasyonu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
22	Yağ Alma 1	Su speklerinin kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
23	Yağ Alma 1	Konveyör duruşları	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
24	Yağ Alma 1	Pompa arızası	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
25	Yağ Alma 1	Konveyör hızı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
26	Yağ Alma 2	Toplam alkalite	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
27	Yağ Alma 2	Pompa basıncı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
28	Yağ Alma 2	Banyo sıcaklığı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
29	Yağ Alma 2	Yağ konsantrasyonu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
30	Yağ Alma 2	Filtre kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
31	Yağ Alma 2	Nozzle oryantasyonu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
33	Yağ Alma 2	Su speklerinin kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
34	Yağ Alma 2	Konveyör duruşları	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
35	Yağ Alma 2	Pompa arızası	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
36	Yağ Alma 2	Konveyör hızı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
37	Durulama 1	Serbest alkalite	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
38	Durulama 1	Pompa Basıncı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
39	Durulama 1	Giren temiz su debisi	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
40	Durulama 1	Nozzle oryantasyonu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
41	Durulama 1	Filtre kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
43	Durulama 1	Su speklerinin kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
44	Durulama 1	Konveyör duruşları	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
45	Durulama 1	Pompa arızası	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
46	Durulama 1	Konveyör hızı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
47	Durulama 2	Serbest alkalite	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
48	Durulama 2	Pompa Basıncı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
49	Durulama 2	Giren temiz su debisi	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
50	Durulama 2	Nozzle oryantasyonu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
51	Durulama 2	Filtre kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
53	Durulama 2	Su speklerinin kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
54	Durulama 2	Konveyör duruşları	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
55	Durulama 2	Pompa arızası	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
56	Durulama 2	Konveyör hızı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
57	Aktivasyon	Toplam alkalite	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
58	Aktivasyon	Pompa Basıncı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74

59	Aktivasyon	PH	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
60	Aktivasyon	Nozzle oryantasyonu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
61	Aktivasyon	Filtre kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
63	Aktivasyon	Su speklerinin kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
64	Aktivasyon	Titanyum miktarı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
65	Aktivasyon	Konveyör duruşları	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
66	Aktivasyon	Pompa arızası	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
67	Aktivasyon	Konveyör hızı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
68	Fosfatlama	Toplam asit miktarı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
69	Fosfatlama	Pompa Basıncı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
70	Fosfatlama	Serbest asit miktarı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
71	Fosfatlama	Nozzle oryantasyonu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
72	Fosfatlama	Filtre kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
74	Fosfatlama	Su speklerinin kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
75	Fosfatlama	Gaz noktası	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
76	Fosfatlama	Banyo sıcaklığı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
77	Fosfatlama	Ni, Zn, Mn Miktarı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
78	Fosfatlama	Demir miktarı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
79	Fosfatlama	Fosfat kaplama ağırlığı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
80	Fosfatlama	Sem analizi	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
81	Fosfatlama	Fosfat miktarı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
82	Fosfatlama	Konveyör duruşları	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
83	Fosfatlama	Pompa arızası	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
84	Fosfatlama	Konveyör hızı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
85	Durulama 3	Toplam asit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
86	Durulama 3	Pompa Basıncı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
87	Durulama 3	Giren temiz su debisi	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
88	Durulama 3	Nozzle oryantasyonu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
89	Durulama 3	Filtre kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
91	Durulama 3	Su speklerinin kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
92	Durulama 3	Banyo sıcaklığı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
93	Durulama 3	Konveyör duruşları	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
94	Durulama 3	Pompa arızası	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
95	Durulama 3	Konveyör hızı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
96	Pasivasyon	Toplam asit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
97	Pasivasyon	Pompa Basıncı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
98	Pasivasyon	PH	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
99	Pasivasyon	Nozzle oryantasyonu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
100	Pasivasyon	Filtre kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
102	Pasivasyon	Su speklerinin kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
103	Pasivasyon	Konveyör duruşları	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
104	Pasivasyon	Pompa arızası	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
105	Pasivasyon	Konveyör hızı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
106	DI Durulama	Pompa Basıncı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
107	DI Durulama	Giren temiz su debisi	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
108	DI Durulama	Nozzle oryantasyonu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
109	DI Durulama	Filtre kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
111	DI Durulama	Su speklerinin kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
112	DI Durulama	Su iletkenliği	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
113	DI Durulama	Konveyör duruşları	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74

114	DI Durulama	Pompa arızası	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
115	DI Durulama	Konveyör hızı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
116	Kataforez Banyosu	Banyo sıcaklığı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
117	Kataforez Banyosu	PH	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
118	Kataforez Banyosu	Katı madde oranı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
119	Kataforez Banyosu	P/L oranı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
120	Kataforez Banyosu	Banyo iletkenliği	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
121	Kataforez Banyosu	Anolit iletkenliği	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
122	Kataforez Banyosu	Meg Asit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
123	Kataforez Banyosu	Meg Baz	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
124	Kataforez Banyosu	Demir miktarı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
125	Kataforez Banyosu	Butil Glikol	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
126	Kataforez Banyosu	Hexil Glikol	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
127	Kataforez Banyosu	Askı iletkenlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
128	Kataforez Banyosu	Jant familyaları (voltaj)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
132	Kataforez Banyosu	UF üretimi kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
133	Kataforez Banyosu	Salmastra su basıncı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
136	Kataforez Banyosu	Konveyör hızı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
140	Kirli UF Durulama	Banyo fırçaları kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
149	DI Durulama	Banyo fırçaları kontrolü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
155	Hava Duşları	Görsel kontrol	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
160	Kataforez Fırını	Termograf sonuçları	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
162	Kataforez Fırını	Konveyör duruşları	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
167	Jant Aktarma	Görsel kontrol	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
218	Son Kat Fırını	Termograf sonuçları	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
224	Görsel Kontrol	Operatör	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
228	Tashih	Tashih ekipmanları	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
229	Tashih	Operatör	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
230	Tashih	Tashih zamanı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
232	Sübap Takma	Uygun sübap	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
234	Sübap Takma	Torq değeri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
242	Otomatik Rötüş	Boya tipi	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
243	Otomatik Rötüş	Pompa basıncı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
244	Otomatik Rötüş	Tabanca temizliği	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
245	Otomatik Rötüş	Jantın merkezlenmesi	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
246	Otomatik Rötüş	Tabancanın dönüş açısı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
247	Otomatik Rötüş	Vizkozite	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
248	Otomatik Rötüş	Tabancanın seviyesi	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
250	Maske Sökme	Bijon bölgesi boyanıp boyanmadığı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
251	Hatalı Jantların İndirilmesi		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	74
Çıktılar için Toplam			494	500	299	385	285	280	371	344	340	283	345	274		

EK 2: Hata Oranları Tablosu

Proje başarı göstergesi

Boya kusurlu tashih oranı % **3,9** ortalama **0,5** hedef

Yıl 2004	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
Boya kusurlu adet		5.021	6.445	5.089	5.679	5.480
Üretim adet jant		91.118	104.072	100.304	100.039	116.372
Boya kusurlu tashih %		5,51%	6,19%	5,07%	5,68%	4,71%
Yıl 2004	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Boya kusurlu adet	2.440	3.465	4.730	4.762	5.083	8.135
Üretim adet jant	121.007	92.108	107.195	100.328	98.522	108.657
Boya kusurlu tashih %	2,02%	3,76%	4,41%	4,75%	5,16%	7,49%
					TOPLAM	Ortalama
					56.329	
					1.139.722	103.611
					4,94%	4,98%

Yıl 2005	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
Boya kusurlu adet	8.356	7.145	4.296	3.197	3.056	3.988
Üretim adet jant	108.122	105.111	112.058	115.203	120.116	118.443
Boya kusurlu tashih %	7,73%	6,80%	3,83%	2,78%	2,54%	3,37%
Yıl 2005	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Boya kusurlu adet	1.889	2.091	2.107	2.086	1.766	2.278
Üretim adet jant	98.845	119.006	115.063	100.043	96.062	102.507
Boya kusurlu tashih %	1,91%	1,76%	1,83%	2,09%	1,84%	2,22%
	Oca.06	Şub.06			TOPLAM	Ortalama
					42.255	
	93.010				1.403.589	107.968
	2,00%					3,22%

EK 3: Proje Kazanç Tablosu

Boya kusurlu tashih %	
Boya kusurlu jant sayısı	1327
Üretim adet jant	93.010
GERÇEKLEŞEN	1,43
2004 tiner tüketimi jant ort kg	0,05
2004 boya tüketimi jant ort kg	0,18
Boya kusurlu tashih % (2004 Ocak -2005 Şubat)	6%
Birim dakika maliyet	5740
Çalışma zamanı (dk)	26.100
2004 fazla mesai saat toplam YTL/ay	1618,38
Fazla Mesai saat/ay	45,00
Fazla Mesai YTL/ay	294,30
Tashih azalma kazanç (Enerji + İşçilik + İlave boya) €	9.481
Tashih YTL	16.117
Kapasite kazancı	6.941
LPG kullanımı yok (diğer boyahane)	7.420
Taşeron azalma	3.200
Fazla Mesai kazanç	10.290
KAZANÇ - €	27532

EK 4: Sigma Tablosu

Proses Sigma Düzeyi	Milyonda Hata
6,27	1
6,12	2
6	3,4
5,97	4
5,91	5
5,88	6
5,84	7
5,82	8
5,78	9
5,77	10
5,61	20
5,51	30
5,44	40
5,39	50
5,35	60
5,31	70
5,27	80
5,25	90
5,22	100
5,04	200
4,93	300
4,85	400
4,79	500
4,74	600
4,69	700
4,66	800
4,62	900
4,59	1000
4,38	2000
4,25	3000
4,15	4000
4,08	5000
4,01	6000
3,96	7000
3,91	8000
3,87	9000
3,83	10000
3,55	20000
3,38	30000
3,25	40000
3,14	50000
3,05	60000
2,98	70000
2,91	80000
2,84	90000
2,78	100000
2,34	200000
2,02	300000
1,75	400000
1,5	500000